39.82.3
4-30
25458т

М.С. ЧЕРТОК

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ТРАМВАЙНЫХ ВАГОНОВ

25458

1941
ИЗДАТЕЛЬСТВО НАРКОМХОЗА РСФСР

Г 25.46 44.002.5

39.82.5
Г25.46.002.5
450

Инж. М. С. ЧЕРТОК

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ТРАМВАЙНЫХ ВАГОНОВ

(Техминимум для слесарей-электриков)

25.458

К

ИЗДАТЕЛЬСТВО НАРКОМХОЗА РСФСР
МОСКВА 1941 ЛЕНИНГРАД

В книге «Электрическое оборудование трамвайных вагонов» приводятся основные понятия из электротехники, принцип действия, конструкция и описание приборов, аппаратов и прочего электрического оборудования трамвайных вагонов, указываются содержание и ремонт этого оборудования.

Книга предназначается в качестве учебника по техминимуму для слесарей-электриков, обслуживающих электрическое оборудование трамвайных вагонов.

ПРЕДИСЛОВИЕ

За годы третьей сталинской пятилетки значительно выросла техническая вооруженность трамвайных предприятий. В частности, появились новые типы подвижного состава: четырехосные 15-метровые вагоны, двухосные модернизированные и т. д. В связи с этим значительно изменилось все оборудование вагонов и в особенности электрооборудование. Так, появились новые мощные тяговые двигатели, более усовершенствованные контроллеры, электрическая звонковая сигнализация, линейные контакторы, двигатели с рекуперацией энергии и т. д.

Электрическое оборудование составляет важнейшую часть вагона и от исправности его зависит бесперебойная работа вагона на линии.

Нужно также отметить, что электрооборудование является самым сложным оборудованием вагона, вследствие чего более детальное и всестороннее знание его в значительной степени облегчает уход, обслуживание и ремонт вагонов.

Книга «Электрическое оборудование трамвайных вагонов» предназначается в качестве учебника при прохождении технического минимума для слесарей, обслуживающих электрическое оборудование вагонов.

Усвоение слесарями-электриками материала, приведенного в настоящей книге, облегчит им работу по обслуживанию электрического оборудования вагонов и повысит качество работы.

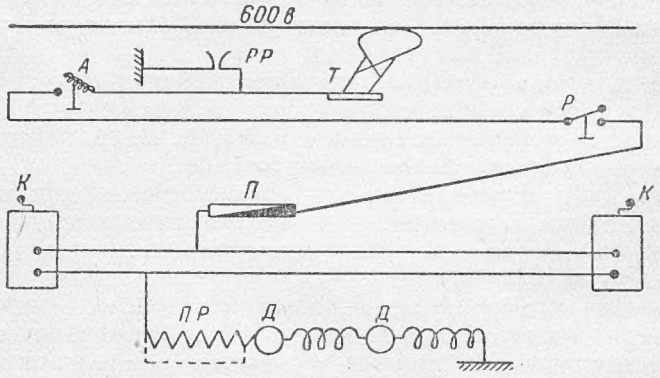
Автор

ВВЕДЕНИЕ

Трамвайные вагоны делятся на вагоны-двигатели — моторные вагоны и вагоны добавочные — прицепные. Кроме того, вагоны делятся на пассажирские, грузовые и специального назначения.

Мы будем знакомиться главным образом с пассажирскими вагонами, так как они составляют бóльшую часть инвентаря подвижного состава.

Пассажирский моторный трамвайный вагон состоит из следующих главных частей:



Фиг. 1. Простейшая схема электрического оборудования моторного вагона.

а) кузова с оборудованием;
б) ходовых частей, тележки (колесные пары, буксы и т. п.);
в) тормозного устройства;
г) тяговых двигателей;
д) аппаратов управления;
е) сигнальных и предохранительных приспособлений.

Оборудование каждого трамвайного вагона можно разделить на три вида:

а) электрическое;
б) пневматическое;
в) механическое.

Электрическое оборудование трамвайных моторных вагонов (фиг. 1) состоит из:

а) токоприемника *Т*, предназначенного для токоснимания;

б) рогового разрядника *РР* для защиты электрических цепей вагона от атмосферного электричества;

в) автоматического выключателя *А*, защищающего силовую цепь вагона от чрезмерных токов;

г) рубильника *Р*, которым в случае необходимости можно разомкнуть силовую цепь вагона;

д) плавкого предохранителя *П*, включенного в силовую цепь вагона после рубильника;

е) контроллеров *К*, предназначенных для управления движением вагона;

ж) тяговых двигателей *Д*, приводящих вагон в движение;

з) пусковых сопротивлений (реостатов) *ПР*, включаемых в цепь двигателей в период пуска;

и) освещения вагона.

ГЛАВА I

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ИЗ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

1. Понятие об электричестве и электрическом токе

Известно, что янтарь приобретает свойство притягивать легкие предметы, например, пушинки, соломинки, если его потереть о шерсть. Такое же свойство можно обнаружить у сургуча, потертого о шерсть, и у стеклянной палочки, натертой о кожу, покрытую амальгамой, или о шелк. Опыты показали, что любые два тела после трения друг о друга приобретают подобное свойство, которого до трения у них не замечалось. Про эти тела говорят, что они наэлектризованы. Способность тел притягивать легкие предметы приписывают электричеству. Само слово электричество происходит от греческого слова — «электрон», что в переводе значит янтарь.

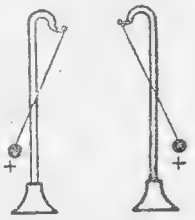
Проделаем простейшие опыты над электризацией тел. Возьмем небольшой медный шар, укрепленный на стеклянной подставке, и прикоснемся к нему стеклянной палочкой, потертой о шелковую материю. Если к шару приблизить легкие тела, например, кусочки бумаги, то шар притянет их. Это показывает, что электрические заряды со стеклянной палочки перешли на шар и он наэлектризовался.

Если мы снова натрем палочку шелком и прикоснемся к шару, то его электрический заряд увеличится. Повторив электризацию несколько раз, можно на шаре собрать большой электрический заряд. Этот опыт удастся только тогда, когда шар помещен на стеклянной или смоляной подставке, или подвешен на шелковом шнуре. Если подставка металлическая, то шар наэлектризовать не удастся, так как электрические заряды через подставку распространятся по столу и уйдут в землю. Точно так же нельзя наэлектризовать шар, держа его в руке, так как электрические заряды распространятся по телу и уйдут в землю.

Это показывает, что одни тела хорошо проводят электричество, другие же, наоборот, плохо. Вещества, по которым электричество хорошо распространяется, называются проводниками электричества. Таковы, например, металлы, растворы разных солей, уголь, тело человека, влажный воздух и т. д.

Наоборот, те вещества, которые не проводят электричества, называются непроводниками электричества, изоляторами, или диэлектриками. Непроводниками являются: резина, стекло, фарфор, слюда, смолы, парафин, шелк и т. д.

Продолжая опыты, ученые установили, что электрические заряды бывают двух родов. Если к двум пробковым шарикам, подвешенным на шелковых нитях, прикоснуться стеклянной палочкой, натертой о шелк, и сблизить шарики друг с другом, то шарики оттолкнутся (фиг. 2). Если же один из шариков наэлектризовать электрическим зарядом стеклянной палочки, натертой о шелк, а другой — электрическим зарядом смоляной палочки, то шарики притянутся (фиг. 3). Ясно, что электрические заряды, полученные трением стекла о шелк и смолы о шерсть, отличаются друг от друга. Поэтому условились называть то электричество, которое получается на стекле при трении его о шелк, положительным электричеством и обозначать знаком плюс (+), а то электричество, которое получается на смоле при трении ее о шерсть, отрицательным электричеством и обозначать знаком минус (—).



Фиг. 2. Тела, наэлектризованные одноименным электричеством, отталкиваются.

Фиг. 3. Тела, наэлектризованные разноименным электричеством притягиваются.

Как показал опыт с шариками, тела, наэлектризованные одноименным электричеством, взаимно отталкиваются, а разноименным электричеством — взаимно притягиваются.

Чтобы ответить на вопрос, что же такое электричество, рассмотрим строение материи. Все, что окружает нас (воздух, вода, растения, земля и т. д.), состоит из бесчисленного множества чрезвычайно мелких частиц материи — молекул. Насколько мала молекула, показывает такое сопоставление: в капле воды содержится не меньше молекул, чем капель в Черном море. Но и каждая молекула состоит из еще более мелких частиц материи — атомов. Слово атом значит неделимый и раньше атом, действительно, считали неделимой частицей вещества.

Современная наука отвергла прежнее представление об атоме как о мельчайшей неделимой частице материи и доказала, что атом имеет очень сложное строение. В центре атома находится ядро атома. Это ядро состоит из протонов, представляющих собой комбинацию из позитронов и нейтральных в электрическом отношении частиц—нейтронов. В этом же ядре группируется также и часть электронов. Однако в ядре атома всегда оказывается избыток положительных электрических зарядов. Недостающие для электрического равновесия отрицательные заряды — электроны располагаются вне ядра, вращаясь вокруг него по вытянутым, замкнутым путям (орбитам). Атом газа водорода имеет одну орбиту, по которой вращается один электрон. Атомы металлов имеют по нескольку внешних электронов (например, атомы меди — 26, алюминия — 13), вращающихся вокруг ядра по орбитам. Электрон, двигаясь по такой вытянутой орбите, удаляется от ядра атома, и его притяжение ядром ослабевает. Поэтому, если такой электрон при своем движении приблизится к соседнему, близлежащему атому, то он переходит на одну из орбит последнего; сделав несколько оборотов вокруг ядра этого атома, электрон может перейти на одну из орбит третьего атома и т. д. Этими блуждающими или свободными электронами в металлах и объясняется электропроводность последних.

Электроны, входящие в строение атомов всех веществ, совершенно одинаковы; они имеют одинаковый отрицательный заряд и одинаковую массу.

Атомы в нормальном состоянии не проявляют никаких электрических свойств, так как отрицательные заряды электронов в точности уравновешиваются положительными зарядами ядра. Однако, такое нейтральное состояние атомов может быть нарушено вследствие отщепления электронов или присоединения избыточных. Атомы, которые проявляют электрические свойства, называются ионами.

Рассмотренные нами явления электризации тел объясняются тем, что при трении двух тел друг о друга часть электронов с поверхности одного тела переходит на поверхность другого, и если разъединить тела, то они окажутся наэлектризованными, так как на каждом из них разноименные электрические заряды не будут уравновешиваться и на одном из тел будут преобладать положительные электрические заряды, а на другом — отрицательные.

Рядом опытов установлено, что электрический ток есть упорядоченное движение электрических зарядов. В растворах солей, кислот и щелочей носителями перемещающегося электричества являются ионы, т. е. наэлектризованные атомы, а в металлах—свободные электроны. Итак, электрический ток в металлических проводниках есть единообразное стройное перемещение свободных электронов вдоль провода.

Электрический ток, протекая по проводнику, проявляет себя внешне тем, что: 1) проводник нагревается, 2) вокруг проводника появляется магнитное поле. Причина, заставляющая свободные электроны в проводниках перемещаться в одном направлении, называется электродвижущей силой. Чтобы понять значение электродвижущей силы, сравним электрический ток с движением воды.

Пусть мы имеем два сосуда, наполненных водой до одинакового уровня. Если приподнять один сосуд, то уровень воды в нем будет выше, чем в другом. Этим мы создадим разность уровней воды в сосудах. Соединим днища сосудов резиновой трубкой. Вода под действием разности уровней придет в движение и потечет из верхнего сосуда в нижний. Течение воды по трубке прекратится в тот момент, когда уровни в сосудах сравняются.

Точно так же, если на концах проводника имеется разность электрических уровней, или, как говорят, разность электрических потенциалов, то по проводнику потечет электрический ток, но как только электрические потенциалы сравняются, ток тотчас же прекратится. Разность потенциалов, или напряжение, в проводнике создается электродвижущей силой, которую развивают источники тока: электрические машины (генераторы), гальванические элементы и аккумуляторы.

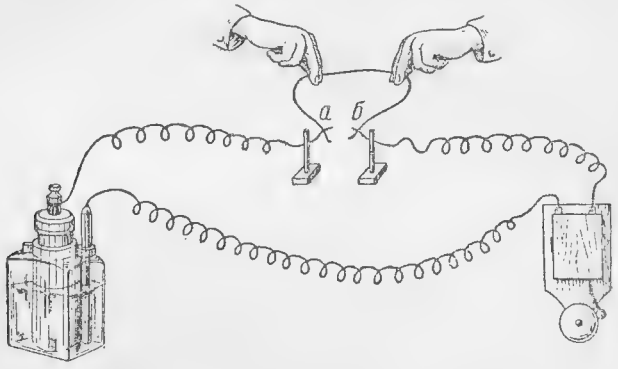
Вся система, состоящая из источника тока, приборов, потребляющих ток, и проводов, соединяющих эти приборы с источником тока, называется электрической цепью. Замкнутой электрической цепью называется такая цепь, которая не имеет перерывов. Для того, чтобы замыкать и размыкать электрическую цепь, не трогая соединительных проводов, в нее включаются особые приборы, которые называются выключателями или рубильниками.

Если в каком-либо месте цепь будет прервана, то тока в цепи не будет. На фиг. 4 изображена цепь электрического звонка. Звонок только тогда будет звонить, когда в местах *а* и *б* цепь будет

замкнута выключателем, рубильником или просто проводником. Источником тока в этой цепи является гальванический элемент.

Гальванический элемент состоит из двух пластин, например, одной медной, другой цинковой, которые погружены в раствор серной кислоты. Вследствие химического взаимодействия на пластинах возбуждается электрическое напряжение. Если соединить концы этих пластин проводником, то по проводнику будет течь электрический ток.

Медная пластина называется положительным электродом и обозначается знаком (+), а цинковая — отрицательным и обозначается знаком (—). Направление электрического тока в проводах



Фиг. 4. Цепь электрического звонка.

условно принимается от положительного полюса к отрицательному, от (+) к (—).

Различают постоянный и переменный токи. Постоянным будет такой электрический ток, величина и направление которого остаются неизменяемыми в течение длительного промежутка. Машины постоянного тока дают ток одного и того же направления, но пульсирующий по величине. Так как эти пульсации незначительны, то такой ток считается постоянным. Направление и величина переменного тока в данной цепи, наоборот, все время изменяются, причем эти изменения происходят через определенные, равные промежутки времени, т. е. периодически.

2. Сила тока, напряжение и сопротивление

Электрический ток может производить работу, которую можно сравнить с работой падающей воды или с работой пара в паровой машине. В водопаде различают две величины: количество воды, протекающей в одну секунду, и высоту падения (разность уровней, или напор) воды. В паровой установке различают количество пара, поступающего в цилиндр машины, и его давление. Точно так же и в электрической цепи различают: 1) количество электри-

чества, протекающее по проводнику в 1 сек., 2) величину напряжения электрического тока.

Количество электричества, протекающее по проводнику в 1 сек., называется силой тока. Сила тока измеряется амперами. Если в одну секунду через поперечное сечение проводника протекает единица количества электричества, то говорят, что сила тока равняется 1 а. Если в каждую секунду по проводнику протекает 30 таких единиц, то говорят, что сила тока равна 30 а. Для измерения силы тока пользуются особыми приборами, которые называются амперметрами. Электрическое напряжение измеряется вольтами, а приборы, измеряющие напряжение, называются вольтметрами. Городская осветительная электрическая сеть имеет напряжение обычно 120 в. Новые сухие элементы для карманных электрических фонарей имеют напряжение 4,5 в. Трамвайные подстанции имеют напряжение 600 в, а высоковольтные воздушные линии передают ток при напряжении свыше 100 000 в.

Электрический ток, протекая по проводнику, встречает сопротивление. Вследствие этого сопротивления всякий проводник, по которому протекает электрический ток, нагревается. Нагревание проводника током объясняется тем, что электроны, двигаясь внутри металла, наталкиваются на молекулы, заставляют их колебаться быстрее. Чем быстрее колеблются молекулы вещества, тем оно теплее. Нагревание проводника тем более, чем больше сила тока, чем больше его сопротивление и чем дольше протекает ток по проводнику.

Электрическое сопротивление проводников зависит от металла, из которого сделан проводник, площади поперечного сечения, длины проводника и его температуры. Металлы неодинаково проводят электричество. Лучше всех проводит электричество серебро, на втором месте стоит красная медь, затем алюминий, далее — латунь, железо и т. д. Между длиной проводника и его сопротивлением существует прямая зависимость, т. е. чем длиннее проводник, тем его сопротивление больше. Наоборот, поперечное сечение проводника находится в обратном отношении с сопротивлением проводника, т. е. чем больше площадь поперечного сечения проводника, тем его сопротивление меньше. С увеличением температуры электрическое сопротивление проводника возрастает.

Электрическое сопротивление измеряется омами. Ом — это единица электрического сопротивления.

Если взять провод длиной в 1 метр (м) и сечением в 1 квадратный миллиметр ($мм^2$), сделанный из какого-либо металла, то электрическое сопротивление такого провода будет называться удельным сопротивлением данного металла. Удельное сопротивление проводниковых металлов невелико. Так, например, при температуре 15° С для красной меди удельное сопротивление равно 0,0175 ом. Для алюминиевого провода — 0,0285 ом, для железного провода — 0,1÷0,14 ом. Повторяем, что удельное сопротивление, — это сопротивление куска провода определенных размеров, т. е. длиной в 1 м, а сечением в 1 $мм^2$.

Сопротивление провода любого сечения и любой длины всегда можно вычислить, если известны размеры и металл провода. Это сопротивление будет равняться удельному сопротивлению, умноженному на длину провода в метрах и деленному на сечение в квадратных миллиметрах.

Если обозначить удельное сопротивление греческой буквой ρ, длину провода буквой l, сечение букой S, а полное сопротивление провода буквой R, то

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} \text{ ом},$$

т. е.

$$\text{сопротивление} = \text{удельное сопротивление} \times \frac{\text{длина (м)}}{\text{сечение (мм}^2\text{)}}.$$

Пример. Сопротивление контактного трамвайного провода длиной 1000 м, сечением 85 мм² будет равно:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} = 0{,}0175 \times \frac{1000}{85} = \text{около } 0{,}2 \text{ ом}.$$

3. Закон Ома

Надо хорошо запомнить, что электрический ток возникает только тогда, когда в цепи есть разность потенциалов (напряжение) и цепь замкнута. Сила тока в цепи будет тем больше, чем больше напряжение. Известно, например, что на отдаленных концах линий, где напряжение тока в контактном проводе меньше, чем вблизи питательных пунктов, вагон движется медленнее. Плохая же тяга двигателей объясняется пониженным напряжением в сети.

Точно так же сила тока в цепи зависит от электрического сопротивления цепи. Если при данном напряжении сопротивление увеличивается, то сила тока уменьшается. Таким образом, между напряжением, силой тока и сопротивлением цепи, по которой ток проходит, существует определенная зависимость. Эта зависимость выражается в том, что напряжение (в вольтах), деленное на сопротивление (в омах), равно силе тока (в амперах):

$$\frac{(U)\text{ напряжение (вольты)}}{(R)\text{ сопротивление (омы)}} = (I) \text{ силе тока (амперы)}.$$

Точно так же напряжение (вольты), разделенное на силу тока (амперы), равно сопротивлению (омы):

$$\frac{(U)\text{ напряжение}}{(I)\text{ сила тока}} = (R) \text{ сопротивлению},$$

или, наконец, напряжение равняется силе тока, умноженной на сопротивление:

$$(U) \text{ напряжение} = (I) \text{ силе тока} \times (R) \text{ сопротивление}.$$

Этот закон был впервые математически выражен знаменитым физиком Омом в 1827 г., почему и называется законом Ома.

Зная из трех величин две, можно вычислить третью.

Пример 1. Подсчитаем силу тока в тяговых двигателях при трогании с места, если напряжение в рабочем проводе 550 в, а сопротивление всей силовой цепи со включенными реостатами 5,5 ом.

Сила тока будет равна 550 в, деленным на 5,5 ом, т. е.

$$I = \frac{U}{R} = \frac{550}{5,5} = 100 \text{ а}.$$

Пример 2. Если тот же поезд будет трогаться на конечной остановке загородной линии, где напряжение рабочего провода равно, скажем, 484 в, то сила тока в двигателях будет:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{484}{5,5} = 88 \text{ а}.$$

Пример 3. Какое сопротивление имеет лампа накаливания, если через нее проходит ток 0,5 а, а напряжение в сети 120 в?

Сопротивление лампы равно:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{120}{0,5} = 240 \text{ ом}.$$

Пример 4. Пусковой ток для двигателей ПТ-35А равен 85 а, а сопротивление всей силовой цепи вагона, включая реостаты, 6 ом. Какое напряжение рабочего провода в месте пуска вагона?

Напряжение рабочего провода равно: $U = I \cdot R$, или $6 \times 85 = 510$ в.

4. Короткое замыкание

Коротким замыканием в электрической цепи называют всякое соединение или соприкосновение проводов, при котором сопротивление цепи мгновенно, резко (в десятки, сотни раз) уменьшается, а сила тока, протекающего по цепи, тоже мгновенно и резко возрастает во столько раз, во сколько уменьшилось сопротивление.

Например, совершенно недопустимо перерезать ножницами шнур осветительной сети, находящейся под напряжением, так как в осветительной сети (электрической цепи) произойдет короткое замыкание. Перерезая ножницами шнур, мы даем возможность току пройти по цепи с ничтожно малым сопротивлением шнура и ножниц, минуя большое сопротивление лампочки.

Короткое замыкание может произойти или вследствие естественного износа изолирующих материалов и, следовательно, потери ими изолирующих свойств, или вследствие перегрузок сети, при которых изолирующие материалы преждевременно теряют изолирующие вещества, или вследствие повреждения изолирующих материалов из-за несвоевременного осмотра и ремонта и в других случаях.

Короткое замыкание произойдет как при непосредственном соединении проводов, так и при соединении проводов посредством

23-1

(третьего) провода, гвоздя или других металлических изделий. Кроме того, короткое замыкание произойдет и тогда, когда трамвайные провода замкнутся через землю.

Так, например, при повреждении изоляции проводников обмотки якоря трамвайного двигателя произойдет или короткое замыкание проводников между собой, или короткое замыкание обмотки якоря на землю (якорь — корпус двигателя — земля).

5. Работа тока и мощность

Всякая работа состоит в преодолении каких-либо сопротивлений: когда паровоз тянет поезд, он преодолевает сопротивление движению; когда подъемный кран поднимает какой-нибудь груз, он преодолевает вес этого груза; когда на токарном станке обтачивается деталь, то преодолевается сопротивление снятию стружки. Чтобы измерить работу, надо силу, выраженную в килограммах, умножить на пройденный путь в метрах, если направление силы совпадает с направлением пути. Тогда мы получим работу, выраженную в килограммометрах. Например, при подъеме груза в 50 кг на высоту 5 м совершается работа, равная

$$50 \times 5 = 250 \text{ кгм.}$$

Подсчитаем работу, которую совершат двигатели, если трамвайный вагон весом 18 т пройдет по горизонтальному пути длиной 10 м.

Чтобы определить эту работу, надо путь умножить на силу, двигающую вагон, т. е. на силу тяги. Если вагон идет с равномерной скоростью, то сила тяги равна сопротивлению, испытываемому вагоном при движении, так как на горизонтальном пути только это сопротивление и приходится преодолевать движущей силе.

Принимая сопротивление движению на горизонтальном пути при скорости 25 км/час в 8 кг на каждую тонну веса вагона, находим, что сила тяги равна $18 \times 8 = 144$ кг, а искомая работа, совершенная двигателями, — $144 \times 10 = 1440$ кгм.

В технике нас интересует не только количественная сторона работы, не только количество килограммометров, но и время, в течение которого машина способна произвести данную работу. Другими словами, нас интересует мощность машины. Мощностью называется работа, совершенная в 1 секунду. За единицу мощности принимают работу 75 кгм в 1 секунду и называют эту мощность лошадиной силой.

Электрический ток также обладает определенной мощностью, т. е. способностью производить ту или иную работу. Мы получим мощность электрического тока, если умножим силу тока на напряжение. За единицу мощности принимают ту мощность, которой обладает ток силой в 1 а при напряжении 1 в, причем эту единицу называют *ватт*. Таким образом, мощность равняется току умноженному на напряжение, т. е. $P = U \cdot I$. Ватт — величина небольшая: 736 ватт равны одной лошадиной силе. Поэтому на практике

23-1

мощность электрических машин измеряется в киловаттах (тысяча ватт). Один киловатт равен 1,36 л. с. или приближенно $1^1/_3$ л. с. Например, трамвайный двигатель ПТ-35А имеет часовую мощность в 40 квт, что составляет: $40 \times 1{,}36 = 54{,}4$ л. с.

Электрическая мощность измеряется особыми приборами — ваттметрами, которые представляют собой сочетание вольтметра и амперметра.

Для того чтобы определить, какую работу совершил электрический ток, или какую энергию он затратил, надо мощность умножить на время, в течение которого подсчитывается работа тока. В технике работу электрического тока измеряют в киловатт-часах. Таким образом, работа тока, или энергия, выраженная в киловатт-часах, равна напряжению, умноженному на силу тока и время в часах и разделенному на 1000.

Например, трамвайный поезд из двух двухосных вагонов работал 16 час. на линии при среднем напряжении в рабочем проводе в 550 в и среднем токе, равном 40 а, который проходил через двигатели. Такой поезд за 16 час. произвел работу:

$$\frac{550 \times 40 \times 16}{1000} = 352 \text{ квт-час.}$$

Для измерения электрической работы применяются электрические счетчики. Счетчики показывают, какую работу произвел электрический ток у потребителя, и эта работа оплачивается последним по установленному тарифу на электрическую энергию. Так, в квартирах потребитель рассчитывается с электростанцией по отмеченным счетчиком гектоватт-часам (гектоватт равен 100 ваттам). Электрическая энергия, потребляемая трамваями, учитывается электростанцией в киловатт-часах, зарегистрированных счетчиками.

6. Тепловое действие тока

Если по проводам проходит электрический ток, то провода нагреваются. Выше указано, что нагревание проводов является следствием сопротивления, которое встречает ток при своем прохождении по проводам. Чем больше сила тока, тем сильнее провода нагреваются. Если увеличить силу тока вдвое, то нагревание возрастет вчетверо. При одной и той же силе тока нагревание увеличивается с увеличением сопротивления.

Закон Джоуля-Ленца выражает зависимость нагревания проводов от силы тока и сопротивления.

По этому закону мощность тока, затраченная на нагревание проводов, равна силе тока, умноженной на силу тока и умноженной на сопротивление. Если обозначить через P — мощность, затраченную на нагревание, в ваттах, через I — силу тока в амперах, R — сопротивление в омах, то в буквенном выражении этот закон выразится так:

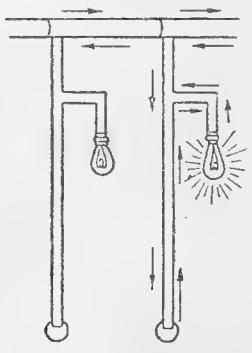
$$P = I^2R = (I \cdot I \cdot R) \text{ вт,}$$

т. е. мощность (количество энергии) = ток × ток × сопротивление.

Тепло, выделяющееся в проводах при прохождении по ним тока, называется джоулевым теплом. В электрических машинах, в проводах, передающих и распределяющих электрическую энергию, джоулево тепло является бесполезной (но неизбежной) затратой энергии, но в обычных лампах накаливания, в электрических печах и нагревательных приборах джоулево тепло полезно используется. На тепловых действиях тока основано также применение в электрических цепях плавких предохранителей для защиты приборов и проводов при коротких замыканиях и перегрузках.

7. Последовательное и параллельное включение приборов в электрическую цепь

Приборы, потребляющие ток, включаются в электрическую цепь или последовательно, или параллельно, или смешанным способом. При последовательном включении приборы соединяются один за другим так, что начало одного присоединено к концу другого, и ток, не разветвляясь, проходит через всю цепь. Пример такого включения мы имеем в силовой электрической цепи вагона, где на первых позициях контроллера тяговые двигатели бывают включены последовательно. Точно так же в осветительной цепи вагона лампочки распределены по группам, по пять ламп в группе, причем в каждой группе лампы соединены последовательно.



Фиг. 5. Параллельное включение ламп.

Подсчитаем силу тока в каждой группе ламп и напряжение, под которым горит каждая лампа, если все лампы взяты одинаковыми по сопротивлению, а именно по 300 ом. Общее сопротивление каждой группы будет $300 \times 5 = 1500$ ом, а при напряжении в рабочем проводе в 600 в сила тока, протекающего по всей группе, будет $600 : 1500 = 0{,}4$ а. Напряжение в рабочем проводе в этом случае распределяется равномерно на все пять ламп, т. е. каждая лампа будет гореть под напряжением $600 : 5 = 120$ в.

При параллельном включении электрическая цепь имеет отдельные ветви, в каждую из которых включается по прибору, и ток разветвляется по отдельным ветвям. Такое соединение бывает в силовой цепи вагона, при езде на «девятке», когда оба двигателя двухосного вагона включаются параллельно, т. е. работают в двух разветвлениях силовой цепи. Точно так же включаются лампочки в квартирах. Каждая лампочка включена в отдельном ответвлении (фиг. 5) и горит под полным напряжением. Каждую лампочку можно гасить или зажигать независимо от других, тогда как при последовательном соединении можно гасить или зажигать только всю группу ламп.

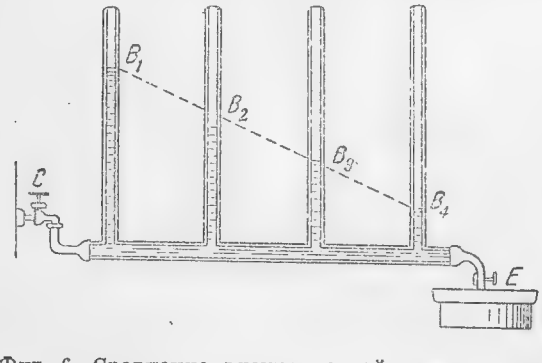
Сопротивление всей цепи при параллельном включении уменьшается. Это легко понять на примере параллельного включения

в цепь нескольких проводов одинаковой длины и толщины. Очевидно, что если их сложить вместе, то получится провод такой же длины, но более толстый, а такой провод проводит ток легче, чем тонкий. Сила тока, поступающего из источника, будет равна силе тока в каждой лампочке, увеличенной во столько раз, сколько горит лампочек. Так, если через каждую лампочку проходит 0,4 а, то от динамомашины для пяти ламп пойдет ток силой 0,4 а $\times 5 = 2$ а.

Наконец, смешанное соединение является комбинацией из последовательного и параллельного соединений. Так, например, осветительная цепь на моторном двухосном вагоне состоит из 2—3 параллельных групп, причем каждая группа имеет пять последовательно включенных ламп; силовая проводка четырехмоторного вагона представляет собой пример смешанного включения моторов: на последовательных позициях двигатели включаются последовательно двумя группами, причем двигатели в каждой группе соединены параллельно.

8. Падение напряжения

Закон Ома определяет зависимость между напряжением, силой тока и сопротивлением для замкнутой цепи. Этот же закон остается в силе и для каждого отдельного участка электрической цепи.



Фиг. 6. Сравнение электрической цепи с течением жидкости.

Сравним электрический ток с течением жидкости (фиг. 6). Если закрыть кран E и прекратить течение воды из крана C, то вода в трубках B_1, B_2, B_3 и B_4 установится на одинаковых уровнях. Если же кран E открыть, то вода потечет и давление в трубках будет разное: в самой близкой к источнику трубке давление будет наибольшим, а чем дальше трубка от источника, тем давление, т. е. напор в ней, будет меньшим.

Потеря напора объясняется тем, что трубка, по которой течет вода, оказывает сопротивление течению, и часть напора тратится на преодоление этого сопротивления. Понятно, что если трубка B_3 отстоит дальше других от источника, то и потеря напора в этом месте будет больше, чем у первой или второй. Теперь уменьшим расход воды, закрыв немного кран E. Давление в трубках будет больше, а уровень воды выше. Точно так же и в электрической цепи: чем больше сопротивление цепи, тем больше падение напря-

жения; чем больше сила тока, протекающего по цепи, тем больше падение напряжения.

Пример. Сопротивление воздушной линии равно 0,3 ом. Пункт питания контактной сети имеет напряжение 590 в. Если двигатели вагона будут потреблять ток в 90 а, то падение напряжения на линии будет:

$$90 \times 0{,}3 = 27 \text{ в};$$

напряжение на токоприемнике будет:

$$590 - 27 = 563 \text{ в}.$$

Если же мы будем иметь в конце участка не один, а два поезда, то одновременно они будут потреблять 180 а; падение напряжения будет:

$$180 \times 0{,}3 = 54 \text{ в},$$

а напряжение у токоприемников:

$$590 - 54 = 536 \text{ в}.$$

9. Вольтова дуга

При разъединении электрической цепи, находящейся под током, в месте разрыва проскакивает искра. В том месте, где проскакивает искра, воздух нагревается и становится проводником электричества. Искрение в иных случаях может быть длительным (вольтова дуга).

Вольтова дуга обладает очень высокой температурой и проводники в месте вольтовой дуги плавятся. Явления искрения и вольтовой дуги наблюдаются в контактном проводе, когда токоприемник вагона при толчках отстает от провода. Между пальцами и сегментами трамвайного контроллера при разъединении их во время хода вагона или при соединении их происходит искрение, а иногда и вольтова дуга (вспышка в контроллере).

10. Реостаты

Для уменьшения силы тока в электрической цепи в нее включаются последовательно с приемниками реостаты, т. е. сопротивления. Эти сопротивления обычно изготовляются из сплавов с высоким удельным сопротивлением (не ниже 0,3÷0,45 ом), обладающим свойством мало повышать сопротивление при увеличении температуры. Такими свойствами обладают сплавы меди с никелем (константан) или сплавы из трех-четырех металлов, например, никелин (сплав никеля, хрома, цинка), реотан (медь, никель, цинк, железо). Эти сплавы применяются для изготовления проволочных реостатов. Кроме этой конструкции, реостаты бывают из чугунных пластин, жидкостные, угольные и ламповые.

Реостаты обычно состоят из нескольких единиц (секций), каждая определенного сопротивления, например, в 1 ом. Если соединить последовательно, т. е. одну за другой, несколько (например, четыре) таких секций, то все сопротивление от такого включения будет $1 \times 4 = 4$ ом. Если же включить реостатные секции параллельно, то, наоборот, общее сопротивление всего реостата будет меньше, чем сопротивление каждой отдельной секции, т. е. в нашем случае получим сопротивление всего реостата $1 : 4 = 0{,}25$ ом. Это произойдет потому, что при параллельном соединении мы создаем ответвления для тока, и ток проходит по четырем ветвям вместо одной, что было при последовательном соединении. Реостаты применяются в трамвайных вагонах при пуске двигателя в ход, а также при электрическом торможении для того, чтобы уменьшить силу тока.

Для нагревательных электрических приборов применяются сплавы, обладающие высоким удельным сопротивлением и, кроме того, еще стойкостью по отношению к длительному накалу. Такими являются нихромы (сплавы из никеля, хрома и железа), работающие при температуре 1000 ° С, и фехралевые сплавы (железо, хром, алюминий). Фехралевая проволока также употребляется при изготовлении проволочных реостатов.

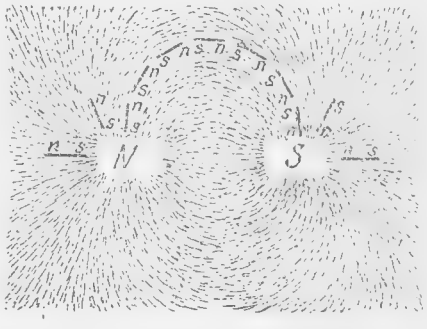
11. Магниты

Известно, что некоторые железные руды обладают свойством притягивать куски железа и стали. Свойство руды притягивать железо и сталь называется магнетизмом, а куски руды, обладающей магнетизмом, — естественными магнитами.

Естественные магниты обладают сравнительно слабыми магнитными свойствами. Гораздо большей притягивающей силой обладают искусственные магниты, изготовляемые из специальных сортов стали. Искусственным магнитам придают форму бруска или подковы. Если взять искусственный магнит в виде бруска, то можно обнаружить, что наибольшей притягивающей силой обладают его концы, по мере же приближения к середине бруска притягивающая сила уменьшается, и на середине эта сила исчезает. Концы магнита, в которых обнаруживается наибольшая притягивающая сила, называются магнитными полюсами. Если намагнитить легкую стальную пластинку в виде стрелки и установить ее на острие или подвесить на нити за середину, то такая стрелка под влиянием земного магнетизма всегда устанавливается так, что один ее конец обращен на север, а другой—на юг. Тот конец магнитной стрелки, который показывает на север, обозначают латинской буквой N и называют северным полюсом, а противоположный конец, указывающий на юг, — южным полюсом и обозначают буквой S. Если взять две такие стрелки и приблизить одну к другой, то одноименные полюсы будут отталкиваться, а разноименные—притягиваться.

12. Магнитное силовое поле

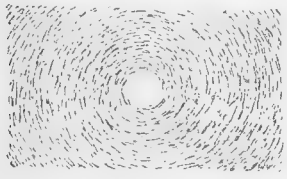
Если насыпать мелкие железные опилки на лист бумаги, положить его на магнит и слегка встряхнуть, то опилки расположатся в строго определенном порядке, в виде линий, идущих от одного полюса в другому, причем на концах магнита (на полюсах) будет сгущение этих линий, а посредине магнита, наоборот, линий будет меньше (фиг. 7). Расположение опилок в виде линий объясняется намагничиванием опилок и притяжением их друг к другу. Этот опыт показывает, что вокруг магнита возникает невидимое для глаза магнитное поле, или, иначе, пространство, где действуют магнитные силы. Расположение опилок на листе показывает нам направление магнитных сил. Опилки располагаются точно по силовым линиям магнитного поля. Густота магнитных линий на полюсах говорит о том, что здесь магнитное поле сильнее, чем на середине магнита.



Фиг. 7. Расположение железных опилок вокруг магнита.

13. Электромагниты

Проводник, по которому проходит электрический ток, всегда обладает магнитными свойствами, так как вокруг него образуется магнитное поле (фиг. 8). Если проводник свить в спираль и пропустить через нее ток, то спираль приобретает свойства магнита. Такая спираль называется соленоидом.



Фиг. 8. Расположение железных опилок вокруг проводника с током.

Если обмотать изолированной проволокой железный стержень и пропустить по проволоке ток, то мы получим электромагнит.

При пропускании тока сердечник приобретает магнитные свойства. Сердечник сгущает магнитные линии соленоида, усиливая его магнитное поле во много раз. Когда ток прекращается, то железный сердечник размагничивается, т. е. теряет магнитные свойства. Если же сердечник сделан из стали, то после выключения тока в нем сохраняется магнетизм, который называется остаточным магнетизмом. Электромагнит, так же как и естественный магнит, имеет два разноименных полюса —

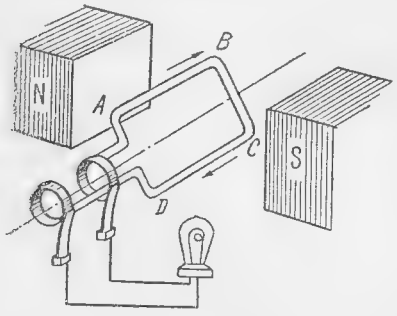
северный и южный. Образование северного и южного полюсов при пропускании тока через катушку зависит от направления тока. Существует правило, по которому легко узнать, на каком конце электромагнита северный полюс, на каком — южный. Для этого надо смотреть на торец электромагнита: если ток идет против часовой стрелки, то перед нами будет северный полюс, а на противоположной стороне — южный; если же ток идет по часовой стрелке, то, наоборот, перед нами южный полюс, а на другом конце северный. Если переменить направление тока, то полюсы также переменят места: вместо северного будет южный, и наоборот.

Магнитным потоком электромагнита называется полное число магнитных силовых линий, выходящих из северного полюса и входящих в южный. Магнитный поток электромагнита зависит от поперечного сечения и магнитных свойств сердечника, от силы тока, проходящего по проволоке, и от числа витков на один сантиметр длины сердечника. Произведение силы тока на число витков называется ампервитками. Чем больше витков намотано на данный сердечник и чем больше сила тока, тем больше степень возбуждения электромагнита и магнитный поток.

Однако, намагниченность сердечника имеет свой предел. По мере увеличения ампервитков намагниченность сердечника растет сначала интенсивно, затем медленнее, и, наконец, этот рост прекращается. Предельная величина намагничивания называется магнитным насыщением. Оно всецело зависит от магнитных свойств сердечника.

14. Электромагнитная индукция и принцип действия динамомашины

В 1831 г. английский ученый Фарадей показал, что в проводнике, движущемся в магнитном поле и пересекающем при этом движении магнитные силовые линии, индуктируется (наводится) электродвижущая сила (э.д.с.). На этом явлении, называемом электромагнитной индукцией, основана работа электрических генераторов, в которых механическая энергия преобразуется в электрическую. Если концы проводника, пересекающего магнитные линии при своем движении, соединить электрической цепью, то под действием индуктированной э. д. с. по цепи пройдет ток.



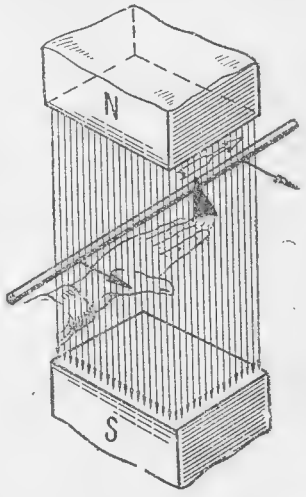
Фиг. 9. Схема генератора.

Рассмотрим схему генератора, изображенную на фиг. 9.

Между полюсами сильного электромагнита помещен замкнутый виток медной проволоки, изогнутый в форме рамки. Каждый конец витка припаян к кольцам, к которым прижаты пружинами

две металлические пластинки, или щетки. Обе щетки соединены проводами через лампочку накаливания. Начнем вращать проводник по часовой стрелке. Части проводника *AB* и *DC* будут пересекать силовые линии магнитного поля и в них появится ток.

Направление тока в части *AB*, а также в *DC* определится по правилу правой руки, которое состоит в следующем: если поместить между полюсами магнита правую руку так, чтобы ладонь была обращена к северному полюсу, а большой палец показывал направление, в котором движется замкнутый проводник, то индукционный ток будет направлен от кисти руки вдоль пальцев (фиг. 10).



Фиг. 10. Правило правой руки.

В частях проводника *AB* и *DC* ток будет течь по стрелкам, указанным на фиг. 9.

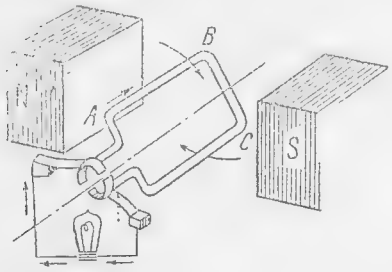
Мы видим, что токи в проводнике идут в одном направлении, т. е. они складываются. Части проводника *BC* и *AD* не будут пересекать силовых линий магнитного поля, а будут лишь скользить по ним, и в них электродвижущая сила не возникает. Эти части проводника служат только соединительными проводами между активными частями проводника *AB* и *DC*.

Когда рамка станет в вертикальное положение, т. е. ее часть *AB* займет высшее положение, то тока на мгновение не будет, так как в этот момент ни провод *AB*, ни провод *DC* не будут пересекать силовых линий. При дальнейшем вращении часть *DC* будет приходиться против северного полюса электромагнита, а часть *AB*—против южного, и направление тока в них изменится, а именно — ток потечет в обратном направлении.

Таким образом, за каждый полуоборот направление тока в рамке меняется. При этом электродвижущая сила в цепи будет за полный оборот не одинакова, она будет изменяться от количества пересекаемых силовых линий магнитного поля активными частями рамки. Наибольшая величина э. д. с. будет в тот момент, когда рамка займет горизонтальное положение, и совсем не будет э. д. с. при вертикальном положении рамки. Таким образом, мы получим ток, меняющий свое направление дважды за один оборот рамки, т. е. так называемый переменный ток.

Для того чтобы получить от машины не переменный, а постоянный ток, надо вместо двух колец взять одно и разрезать его пополам. К этим полукольцам будут прикасаться щетки, соединенные с внешней электрической цепью (фиг. 11). Расположим обе щетки так, чтобы они переходили с одного полукольца на другое как раз в тот момент, когда проводник станет в вертикальное положе-

ние, т. е. когда э. д. с. равна нулю. При таком расположении щеток одна из них касается того полукольца, от которого ток уходит во внешнюю цепь, а другая — того полукольца, к которому ток возвращается из внешней цепи. Во внешней цепи ток будет постоянного направления, но величина его при одном витке и двух полукольцах будет все время меняться. Устройство для выпрямления направления тока называется к о л л е к т о р о м. Динамомашины обычно имеют не один виток и две коллекторные пластины, а много десятков, и колебания величины тока становятся крайне незначительными.



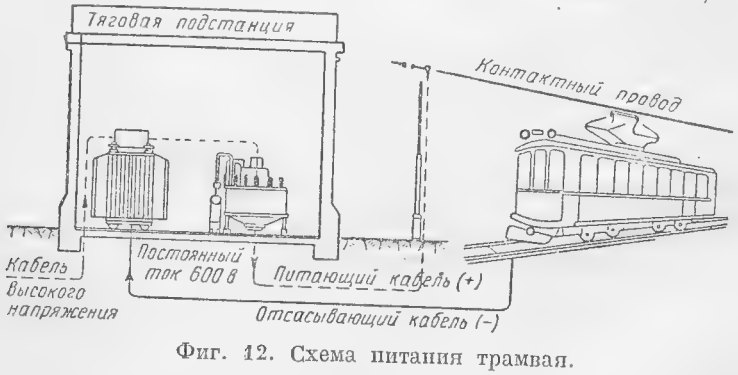
Фиг. 11. Схема динамомашины.

Вращающаяся часть машины называется я к о р е м. Величина индуктированной э. д. с. зависит: а) от величины магнитного потока, создаваемого обмотками возбуждения, б) от скорости вращения якоря, в) от числа активных проводников якоря, соединенных последовательно.

Если обозначить через E индуктированную э. д. с. динамомашины, через n — число оборотов якоря в минуту, а через Φ — магнитный поток, то

$$E = K \cdot n \cdot \Phi;$$

э. д. с. $=$ $K \times$ число оборотов $\times$ магнитный поток,



Фиг. 12. Схема питания трамвая.

где K — постоянная величина для данной машины, зависящая от конструкции машины (пар полюсов и последовательно соединенных проводников на якоре).

Если внешняя цепь динамомашины разомкнута, то индуктированная в проводниках якоря э. д. с. будет равна напряжению на зажимах машины.

Выпрямление переменного тока в постоянный на трамвае осуществляется на тяговой подстанции (фиг. 12).

ГЛАВА II

ТЯГОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ (МОТОРЫ)

15. Принцип действия

Каждая динамомашина постоянного тока может работать как двигатель, если вместо того, чтобы вращать ее якорь каким-нибудь двигателем, мы будем пропускать через ее обмотки электрический ток, и обратно, — каждый электродвигатель постоянного тока может работать генератором, если его якорь вращать другим двигателем. В этом состоит принцип обратимости машин. По своей конструкции электродвигатель ничем не отличается от динамомашины и состоит из тех же основных частей: электромагнитов, якоря с уложенными на нем проводниками, коллектора, щеток.

Якорь собирается из отдельных листов железа толщиною до 0,5 мм; в пазы якоря укладывается обмотка. Коллектор состоит из медных пластин, изолированных друг от друга миканитом; как якорное железо, так и коллектор насажены на стальной вал и изолированы от него миканитовой прокладкой.

Тяговые двигатели обычно изготовляются четырехполюсными и имеют корпус специальной конструкции, отличный от корпусов обычных стационарных двигателей.

Полярность полюсов, как правило, чередуется — за северным полюсом следует южный, затем опять северный и снова южный. Обмотка полюсов двигателей, которая носит еще название обмотки возбуждения, питается обычно от той же самой сети, что и обмотка якоря.

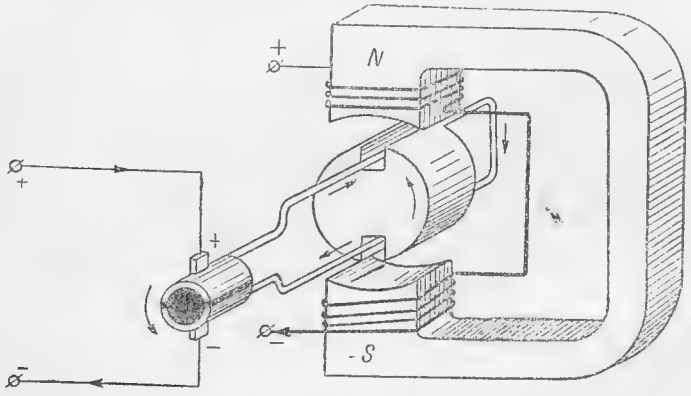
Для уяснения процесса, происходящего в электрическом двигателе постоянного тока, рассмотрим фиг. 13, на которой схематически изображен двигатель постоянного тока, у которого обмотка якоря состоит всего лишь из одного витка, а коллектор — из двух пластин.

При питании обмоток электромагнита такого двигателя от независимого источника постоянного тока (элемента, батареи) появится магнитное поле, силовые линии которого будут направлены от северного полюса к южному, т. е. в данном случае сверху вниз.

Расположенный в магнитном поле якорь до тех пор не будет приходить во вращение, пока через его виток не начнет протекать электрический ток. При включении тока якорь приобретает свойства электромагнита, причем образовавшиеся полюсы его начнут взаимодействовать с полюсами основного электромагнита. Одно-

именные полюсы при этом будут отталкиваться один от другого, а разноименные, наоборот, притягиваться. Очевидно, что якорь при этом повернется на некоторый угол, стремясь установиться таким образом, чтобы северный полюс якоря находился против южного полюса электромагнита, а южный его полюс — против северного полюса электромагнита.

Поворачиваясь, якорь по инерции несколько пройдет это положение, при этом пластины коллектора выйдут из-под щеток, через которые в якорь поступал и возвращался электрический ток обратно в сеть; когда щетки будут касаться изоляции между пластинами, электрический ток в якоре на мгновение прервется, после чего коллекторные пластины подойдут каждая под другую щетку,



Фиг. 13. Простейшая конструкция двигателя постоянного тока.

т. е. как бы поменяются ими между собой,при этом изменится направление тока в обмотке якоря.

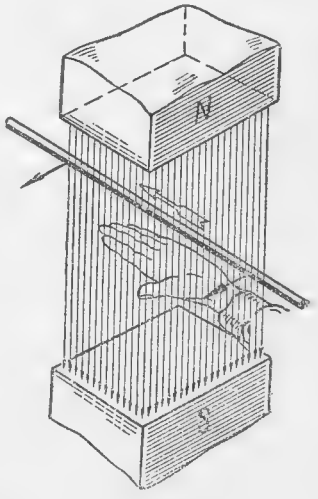
Но раз направление тока изменилось, изменится и полярность якоря, т. е. последний перемагнитится; на месте южного полюса якоря теперь уже будет северный и, наоборот, на месте северного—южный.

Взаимодействие между полюсами якоря и электромагнита будет снова продолжаться, и, таким образом, благодаря наличию коллектора якорь придет во вращение. Если коллекторные пластины заменить двумя отдельными кольцами, через которые постоянный ток от щеток поступал бы в якорь, то при этом никакого вращения не получилось бы: якорь повернулся бы на некоторый угол и занял бы затем какое-то постоянное положение.

Таким образом, коллектор у двигателя постоянного тока распределяет токи по проводникам обмотки якоря, тогда как у генератора постоянного тока он выпрямляет индуктируемый в якоре переменный ток.

Вращение якоря электродвигателя происходит вследствие взаимодействия двух магнитных полей: основного, создаваемого непод-

вижными электромагнитами (полюсами), и поля якоря. Направление вращения зависит от направления тока в обмотке якоря и направления магнитных силовых линий полюсов. Оно определяется правилом левой руки (фиг. 14). Если левую руку расположить ладонью к северному полюсу электромагнита так, чтобы силовые магнитные линии входили в ладонь, а вытянутые пальцы были направлены по направлению тока, то отогнутый в сторону большой палец укажет направление движения проводника.



Фиг. 14. Правило левой руки.

16. Общие свойства электродвигателей постоянного тока

При работе машин постоянного тока двигателями в обмотках их якорей, вследствие пересечения проводниками магнитного потока, по закону электромагнитной индукции будет наводиться индуктированная электродвижущая сила (э. д. с.). Если к последней применить правило правой руки, то увидим, что наведенная электродвижущая сила E будет направлена в обратную сторону относительно приложенного к клеммам двигателя напряжения U, т. е. она как бы препятствует прохождению основного тока, питающего обмотки двигателя, вследствие чего ее называют противодействующей э. д. с.

Величина этой э. д. с., как это выяснено в первой главе, зависит от скорости вращения якоря и магнитного потока и определяется отношением:

$$E = K \cdot n \cdot \Phi. \qquad (1)$$

Таким образом, сила тока в якоре вращающегося двигателя будет устанавливаться не одним только напряжением U, подводимым к зажимам двигателя, а разностью напряжений $U - E$, т. е. сила тока в якоре $I_я$ равна:

$$I_я = \frac{U - E}{R_я}, \qquad (2)$$

где $R_я$ — электрическое сопротивление обмотки якоря в омах.

Отсюда следует, что сила тока якоря зависит от величины противодействующей э. д. с., или от скорости вращения якоря, так как э. д. с. в свою очередь определяется числом оборотов якоря. Э. д. с. является как бы автоматическим регулятором силы тока, поступающего в якорь. Кроме того, из формулы (2) следует, что

$$U = E + I_я R_я,$$

а это значит, что приложенное к зажимам двигателя напряжение должно уравновесить э. д. с. двигателя и падение напряжения в обмотке якоря $I_я R_я$.

Благодаря противодействующей э. д. с. происходит превращение электрической энергии в механическую; не будь ее, вся энергия, доставляемая сетью, превращалась бы только в тепло.

Ток, поступающий в якорь, взаимодействует с магнитным потоком главных полюсов, создает усилие, преодолевающее тормозящую силу нагрузки, приложенной к валу якоря. В механике это усилие называют вращающим моментом M. Вращающий момент двигателя будет возрастать вместе с возрастанием магнитного потока полюсов и силы тока в якоре. Его величина равна:

$$M = K \cdot I_я \cdot \Phi \text{ кгм},$$

где: K — постоянный коэфициент, зависящий от конструкции двигателя;

$I_я$ — сила тока в обмотке в амперах;

Φ — магнитный поток, создаваемый обмоткой полюсов двигателя.

В свою очередь магнитный поток Φ будет зависеть от силы тока возбуждения $I_{возб}$, но не будет ей пропорционален вследствие насыщения железа сердечников полюсов.

17. Число оборотов и регулирование скорости вращения

Из формулы (1) видно, что число оборотов n двигателя постоянного тока будет прямо пропорционально противоэлектродвижущей силе E и обратно пропорционально величине магнитного тока Φ:

$$n = \frac{E}{K \cdot \Phi}. \qquad (3)$$

Так как сопротивление якоря обычно мало (десятые доли ома) и э. д. с. при нормальных оборотах двигателя отличается от напряжения на зажимах на небольшую величину, то, подставляя в это выражение вместо противоэлектродвижущей силы E приложенное к клеммам двигателя напряжение U, имеем следующую формулу для определения числа оборотов двигателя:

$$n = \frac{U}{K \cdot \Phi} \left(\text{число оборотов} = \frac{\text{напряжение}}{\text{магнитный поток} \times K} \right).$$

Эта формула показывает, что число оборотов двигателя можно увеличивать, подводя к последнему большее напряжение, или же уменьшая его магнитный поток.

При пуске двигателя в ход для уменьшения величины пускового тока следует подводить вначале пониженное напряжение, которое затем увеличивать по мере увеличения числа оборотов и, следовательно, противоэлектродвижущей силы.

Ограничение пускового тока достигается обычно включением в цепь двигателя последовательно с ним добавочного сопротивле-

ния — $R_{пуск}$; потребляемая сила тока при этом выразится следующей формулой:

$$I = \frac{U - E}{R + R_{пуск}},$$

где R — сопротивление обмоток двигателя в омах.

Так как в начале пускового периода $E = 0$, то сила тока в этот момент будет ограничиваться исключительно величиной сопротивления $R + R_{пуск}$. В дальнейшем, по мере возрастания противоэлектродвижущей силы, ток будет уменьшаться и в конце рассматриваемого момента приобретет некоторое постоянное значение, соответствующее сопротивлению $R + R_{пуск}$ и возникшей при достигнутом числе оборотов противоэлектродвижущей силе. Если теперь пусковое сопротивление вывести частично или полностью из цепи двигателя, сила тока мгновенно возрастет, так как сопротивление электрической цепи двигателя уменьшится, а противоэлектродвижущая сила будет возрастать.

При этом произойдет следующее: одновременно с увеличением силы тока возрастет вращающий момент двигателя; это приведет к увеличению числа оборотов, развиваемых якорем, и, следовательно, к увеличению противоэлектродвижущей силы, а последняя вновь вызовет уменьшение силы тока в якоре.

Таким образом, путем включения и затем последовательных выключений ряда ступеней сопротивлений можно пустить двигатель в ход, доводя его до нормального числа оборотов и поддерживая силу тока в допускаемых пределах.

Сопротивления, при помощи которых осуществляется пуск двигателей в ход, носят название пусковых сопротивлений, или пусковых реостатов. Последние применяются исключительно во время пускового периода, так как пользоваться реостатами для регулирования числа оборотов невыгодно вследствие непроизводительной потери электроэнергии.

Если мы имеем дело не с одним двигателем, а с несколькими, то их пуск в ход можно также осуществить путем включения их в цепь сначала последовательно, а затем параллельно. При последовательном соединении двигателей напряжение на зажимах каждого двигателя $U_{1м}$ будем равно общему напряжению сети $U_{сети}$, деленному на количество включенных последовательно двигателей m:

$$U_{1м} = \frac{U_{сети}}{m}.$$

Однако, при таких переключениях трудно осуществить плавное изменение числа оборотов двигателя вследствие резкого изменения величины подводимого к каждому двигателю напряжения. Поэтому на практике обычно пользуются комбинированным пуском двигателей в ход, заключающимся в переключении двигателей с последовательного на параллельное соединение, с одновременным применением пусковых реостатов как на последовательном, так и на параллельном соединении.

Увеличением числа оборотов двигателя за счет уменьшения магнитного потока Φ пользуются обычно в тех случаях, когда число оборотов двигателя необходимо увеличить сверх нормального, достигнутого при полном значении подводимого напряжения. Уменьшение магнитного потока достигается обычно или отключением части витков обмотки возбуждения, благодаря чему уменьшается количество ампервитков, создающих магнитный поток Φ, или же включением параллельно обмотке возбуждения специального сопротивления, называемого шунтом. Благодаря включению шунта уменьшается количество ампервитков за счет уменьшения силы тока возбуждения $I_{возб}$.

Первый способ уменьшения магнитного потока принято называть ослаблением магнитного поля, а второй — шунтировкой магнитного поля. Степень ослабления или шунтировки магнитного потока обычно характеризуется величиной остающегося магнитного потока, выраженного в процентах от нормального.

Например, если говорят, что шунтировка поля равна 65%, то это значит, что магнитный поток двигателя Φ при шунтировке будет уменьшен на 35%.

Для трамвайного движения применяются обычно следующие из рассмотренных способов регулирования скорости двигателей и изменения числа их оборотов:

а) путем включения пусковых реостатов;

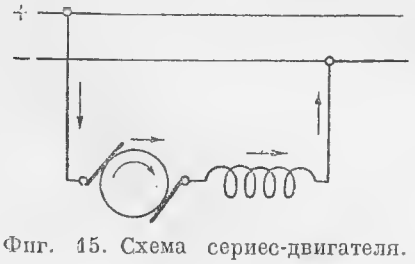
б) переключением двигателей с последовательного соединения на параллельное и

в) шунтировкой магнитного поля.

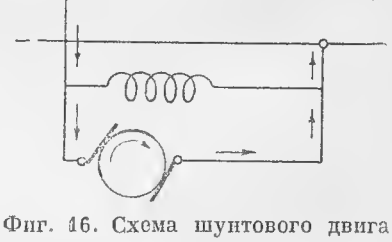
18. Схемы соединения обмоток якоря и возбуждения

По способу соединения между собой обмоток якоря и обмоток возбуждения двигатели разделяются на следующие основные типы.

1. Сериесный — двигатель с последовательным соединением обмоток якоря и возбуждения (фиг. 15).



Фиг. 15. Схема сериес-двигателя.



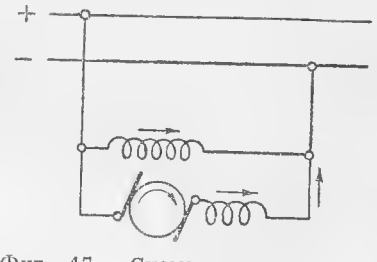
Фиг. 16. Схема шунтового двигателя.

2. Шунтовый — двигатель с параллельным соединением обмоток (фиг. 16).

3. Компаундный — двигатель, имеющий смешанное соединение обмоток (фиг. 17).

В сериесном двигателе через обмотку якоря и обмотку возбуждения проходит один и тот же силовой ток $I_{я} = I_{возб}$. Поэтому его обмотка возбуждения выполняется обычно проводом большого сечения и имеет сравнительно небольшое количество витков. Необходимое же для образования магнитного потока достаточной силы количество ампервитков образуется главным образом за счет больших значений силы тока.

В шунтовом двигателе, наоборот, необходимый магнитный поток создается за счет большого количества витков тонкой проволоки, при небольших значениях силы тока возбуждения—$I_{возб}$.



Фиг. 17. Схема компаундного двигателя.

Благодаря включению обмотки возбуждения шунтового двигателя непосредственно на напряжение сети ток возбуждения, а, следовательно, и магнитный поток двигателя, не зависят от тока якоря, т. е. от изменения нагрузки двигателя, и будут иметь постоянное значение, если не изменится напряжение сети. Поэтому число оборотов шунтового двигателя будет очень мало изменяться в зависимости от изменения нагрузки. В этом не трудно убедиться, если обратиться к формуле (3):

$$n = \frac{E}{K \cdot \Phi},$$

или же, что то же самое:

$$n = \frac{U - I_{я} \cdot R}{K \cdot \Phi}.$$

Обе формулы показывают, что при неизменном магнитном потоке Φ изменение числа оборотов двигателя может произойти исключительно за счет противоэлектродвижущей силы E, но последняя изменяется мало вследствие того, что произведение $I_{я} \cdot R$ не может быть большим, так как сопротивление обмотки якоря R не превышает десятых долей ома.

Для эффективного изменения числа оборотов шунтового двигателя необходимо изменять его ток возбуждения. Например, если в цепь обмотки полюсов включить последовательно реостат, то ток возбуждения понизится и одновременно уменьшится магнитный поток, что неизбежно приведет к увеличению скорости вращения якоря. Наоборот, если увеличивать ток возбуждения, выводя сопротивление реостата, магнитный поток двигателя возрастет, и число оборотов соответственно уменьшится.

Вращающий момент, развиваемый шунтовым двигателем, будет всегда иметь соответственно меньше значения в сравнении с сериесным двигателем при одних и тех же величинах потребляемого тока, при одинаковой номинальной мощности и одинаковом напряжении.

Это хорошо должно быть понятно из рассмотрения формулы

$$M = K \cdot I_я \cdot \Phi.$$

В шунтовом двигателе вследствие того, что магнитный поток его имеет постоянное значение, вращающий момент при изменении нагрузки будет изменяться пропорционально нагрузочному току $I_я$.

Что касается сериесного двигателя, то в последнем магнитный поток и ток якоря изменяются с нагрузкой двигателя, т. е. при уменьшении или увеличении нагрузки будет соответственно убывать или возрастать как магнитный поток двигателя Φ, так и ток якоря $I_я$. Вследствие этого двигатели с последовательным возбуждением могут развивать высокие вращающие моменты, поскольку сила тока, протекающая через их обмотки якоря, участвует в создании вращающего момента дважды: один раз как сила тока якоря и второй раз как сила тока возбуждения, создающая магнитный поток двигателя.

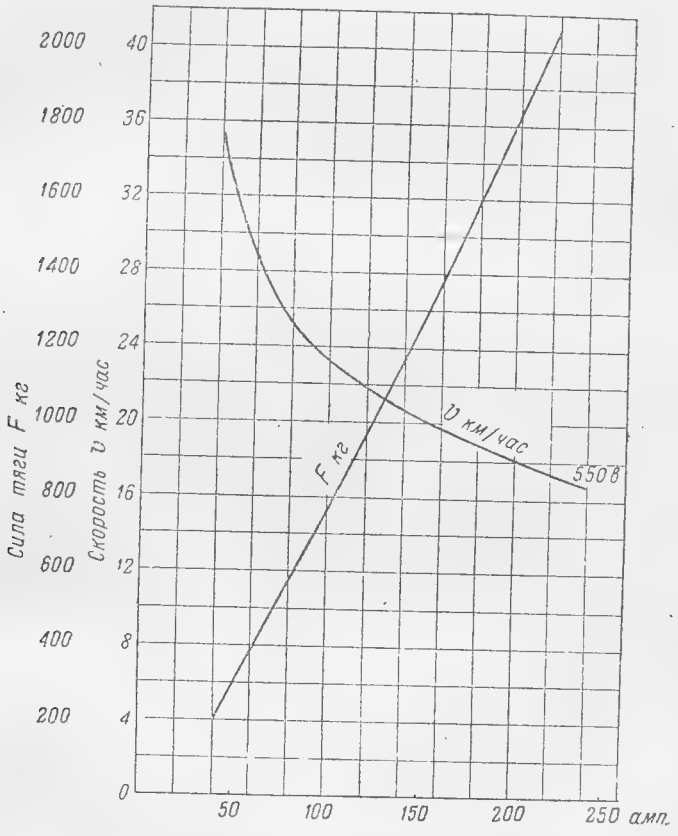
Возрастание вращающего момента сериесного двигателя при увеличении нагрузки всегда сопровождается снижением числа оборотов, так как с увеличением потребляемого тока одновременно увеличивается и магнитный поток двигателя, а противоэлектродвижущая сила его уменьшается. Наоборот, при уменьшении нагрузки на двигатель число оборотов его начнет возрастать, т. е., иначе говоря, число оборотов сериесного двигателя находится в обратной зависимости с нагрузочным током.

Если нагрузку с двигателя снять, магнитный поток его будет иметь величину, очень близкую к нулю, следовательно, двигатель разовьет значительное число оборотов. Подобное явление на практике принято называть разносом двигателя. Шунтовые двигатели при обрыве цепи обмотки возбуждения также подвергаются разносу и могут развить опасное число оборотов, так как вследствие размыкания цепи возбуждения магнитный поток двигателя резко уменьшается до величины потока, обусловливаемого остаточным магнетизмом полюсов.

Зависимость вращающего момента и числа оборотов от силы тока в обмотке якоря изображается графически в виде кривых. Эти кривые называются характеристиками двигателей. На горизонтальной оси (оси абсцисс) откладывается сила тока, по вертикальной оси—скорость вагона в км/час и тяговое усилие, соответствующие каждому значению силы тока в якоре. Полученные таким образом точки соединяются сплошной линией. Характеристики двигателей обычно составляются заводом, изготовляющим двигатели, по замерам, сделанным во время испытания двигателя на стенде. На фиг. 18 показаны характеристики сериесного двигателя ДТИ-60. Нанесенные кривые наглядно показывают, как меняются обороты и тяговое усилие с изменением силы тока в якоре сериесного двигателя.

Наибольшее свое распространение сериесные двигатели приобрели в электрической тяге. Возможность разноса здесь исклю-

чается благодаря надежности применяемой шестеренной передачи и наличию всегда какой-то постоянной нагрузки от веса самого подвижного состава. Высокие же вращающие моменты, развиваемые двигателями с последовательным возбуждением, а также их способность увеличивать автоматически вращающие моменты при увеличении нагрузки, независимо от величины напряжения, являются как раз основными требованиями, которым должен удовлетворять всякий двигатель для целей электрифицированного транспорта.



Фиг. 18. Характеристики сериесного двигателя.

Шунтовые двигатели в электрической тяге не распространены, их область применения ограничивается большей частью фабрично-заводскими установками; обычно их можно встретить там для приведения в действие станков, трансмиссий и пр., т. е. во всех тех местах, где требуется поддерживать постоянные числа оборотов.

Компаундные двигатели, в зависимости от соотношения между ампервитками шунтовой и сериесной обмоток возбуждения, при-

ближаются по своим свойствам к сериесным или к шунтовым двигателям. Область применения этих двигателей для тяги весьма широка, о чем изложено ниже.

19. Изменение направления вращения

Для того чтобы изменить направление вращения любого двигателя постоянного тока, необходимо или изменить направление тока в его обмотке возбуждения, для чего достаточно переключить между собой концы этой обмотки (т. е. поменять их местами), или же изменить направление тока в обмотке якоря.

Если одновременно изменить направление тока как в обмотке возбуждения, так и в обмотке якоря, то изменения направления вращения не произойдет, и якорь двигателя будет продолжать вращаться в ту же сторону, в которую он вращался до переключения.

Изменение направления вращения трамвайных двигателей принято обычно производить при помощи переключения обмотки якоря.

20. Мощность тяговых двигателей

Мощность электрического двигателя, как сказано выше, представляет собой количество работы, производимое двигателем в одну секунду. Действительно, двигатель потребляет из сети мощность $U \cdot I$ вт. Эта подведенная к двигателю мощность за вычетом электрических потерь I^2R непосредственно преобразовывается в механическую мощность $UI - I^2R = EI$. Эта мощность называется электромагнитной мощностью якоря.

Полезная мощность, которую двигатель развивает на своем валу, всегда будет несколько ниже мощности электромагнитной вследствие магнитных потерь и потерь на трение. Таким образом, в двигателях постоянного тока имеют место следующие основные виды потерь электрической энергии:

а) потери в меди, возникающие вследствие прохождения тока по обмоткам двигателя, по коллектору, щеткам;

б) потери в железе, образующиеся вследствие перемагничивания железа якоря и вследствие образования вихревых токов Фуко;

в) механические потери, происходящие вследствие трения в подшипниках, трения щеток о коллектор и сопротивления воздуха вращению якоря.

Все эти три вида потерь энергии в результате превращаются в тепло, повышая температуру отдельных частей двигателя.

Для сокращения потерь на токи Фуко в железе тело якоря выполняют не сплошным, а собирают из отдельных, изолированных друг от друга, листов железа. Индуктируемые в теле якоря при его вращении вихревые токи, или токи Фуко, как их еще называют, не смогут достичь значительной величины, вместе с чем уменьшается и нагрев якоря.

Для уменьшения механических потерь в тяговых двигателях в настоящее время широко применяют роликовые подшипники, в которых скользящее трение заменено трением качения роликов, благодаря чему значительно снижаются и потери этого рода; но совсем уничтожить потери нельзя, и потребляемая двигателем мощность будет больше, чем отдаваемая им полезная.

Потери принято выражать не в абсолютных величинах, а в процентном отношении, учитывая их так называемым коэфициентом полезного действия η (к. п. д.). Последний представляет собой отношение полезной мощности $P_{полезн}$ к потребляемой $P_{потр}$, и, следовательно, всегда бывает меньше единицы:

$$\eta = \frac{P_{полезн}}{P_{потр}} \left(\text{к. п. д.} = \frac{\text{полезная мощность}}{\text{потребляемая мощность}} \right).$$

Как полезную, так и потребляемую мощность двигателей принято исчислять в киловаттах (квт).

Таким образом, если известны напряжение на клеммах двигателя U и потребляемый ток I, то потребляемая мощность будет иметь следующую величину:

$$P_{потр} = \frac{U \cdot I}{1000} \text{ квт.}$$

Полезную мощность можно выразить формулой:

$$P_{полезн} = P_{потр} \cdot \eta = \frac{U \cdot I \cdot \eta}{1000} \text{ квт.}$$

При данных напряжении и к. п. д. развиваемая двигателем мощность, очевидно, будет зависеть от силы тока, протекающей по его обмоткам. С увеличением последней возрастет и мощность, развиваемая двигателем, но наряду с увеличением мощности увеличатся потери в меди двигателя и, следовательно, последний будет сильнее нагреваться.

Чрезмерно повышать нагрузку двигателя, а, следовательно, и его температуру нельзя, так как при очень высоких температурах изоляция обмоток двигателя будет пересыхать и разрушаться.

По условию нагрева двигателя устанавливается его предельная мощность.

Для тяговых двигателей различают часовую и длительную мощность.

Под часовой мощностью следует понимать такую мощность, которую двигатель может развивать в течение одного часа, не перегреваясь выше установленных норм. Длительная мощность есть та мощность, которую двигатель может развивать в течение не менее 10 часов, не перегреваясь выше установленных норм. По своей абсолютной величине часовая мощность всегда больше, чем длительная. Токи, соответствующие обеим мощностям, носят название часового и продолжительного. Для того, чтобы искусственно повысить длительную мощность, развиваемую двигателями, в последних применяется самовентиляция для

охлаждения внутренних частей двигателя. Самовентиляция большею частью выполняется в виде вентилятора, насаженного на одну ось с якорем. Вентилятор при работе двигателя засасывает и направляет холодный воздух в междужелезное пространство (между полюсами и якорем) и через специальные продольные каналы, сделанные для этой цели в железе якоря.

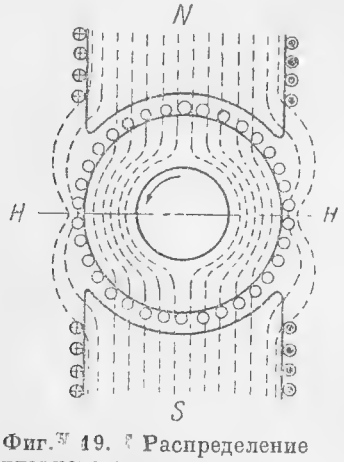
Все современные тяговые двигатели вследствие того, что им приходится работать в тяжелых условиях, оборудованы такой вентиляцией.

21. Реакция якоря

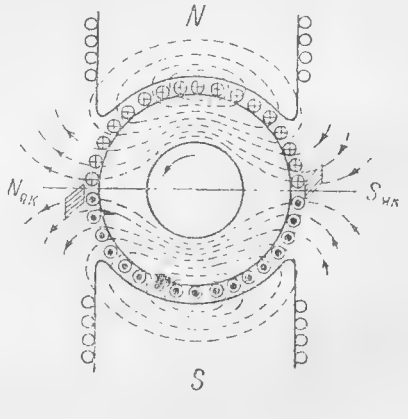
Реакцией якоря называется влияние магнитного потока якоря на поток обмоток возбуждения. Реакция якоря вызывает искажение магнитного поля возбуждения. Рассмотрим это явление.

Предположим, что электрический ток протекает только через обмотку возбуждения двигателя, обмотка же якоря временно обесточена.

Тогда, очевидно, магнитный поток обмотки возбуждения распределится так, как это показано на фиг. 19.



Фиг. 19. Распределение главного магнитного потока при отсутствии магнитного потока якоря.



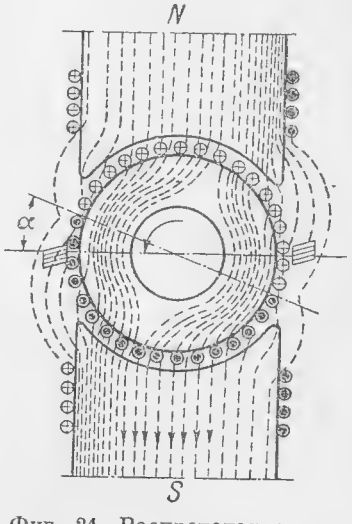
Фиг. 20. Распределение магнитного потока якоря при отсутствии главного магнитного потока.

Если теперь, наоборот, пропустить ток только через обмотку якоря, обесточив обмотку возбуждения, то главный магнитный поток двигателя при этом будет равен нулю, а магнитный поток якоря распределится так, как это показано на фиг. 20. Так как при работе двигателя электрический ток протекает одновременно как через обмотку полюсов, так и через обмотку якоря, то оба рассмотренных выше магнитных потока, взаимодействуя между собой, создадут некоторый один результирующий магнитный поток, изображенный на фиг. 21.

На фиг. 19, 20 и 21 крестиками условно обозначено направление токов, уходящих от нас, а точками, наоборот, приходящие токи.

Линия, проходящая через центр якоря, перпендикулярно к силовым линиям полюсов, называется нейтралью, или же нейтральной линией. В электрических машинах по этой линии располагаются щетки на коллекторе. Это делается для того, чтобы щетки замыкали накоротко лишь те витки обмотки якоря, в которых в рассматриваемый момент не было никакой электродвижущей или противоэлектродвижущей силы. Если это условие не соблюсти и щетки сдвинуть с нейтральной линии, то на коллекторе может возникнуть искрение, результатом которого будет подгорание щеток и коллектора.

В электрическом двигателе вследствие реакции якоря происходит некоторое смещение нейтральной линии в сторону, обратную вращению якоря (фиг. 21). В динамомашинах нейтральная линия также будет смещаться, но смещение это будет происходить в направлении вращения якоря.



Фиг. 21. Распределение магнитного потока при совместном действии магнитного потока якоря и главного потока.

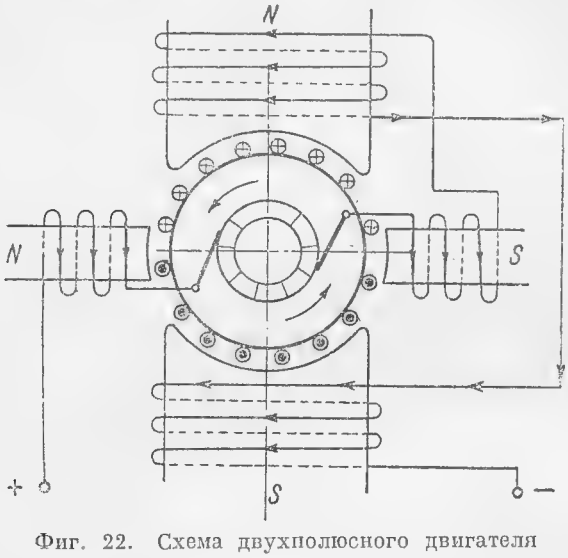
Для того чтобы избежать искрения на коллекторе, щетки следует устанавливать на смещенной нейтрали, но, передвинув щетки на коллекторе, мы изменим направление токов в отдельных проводниках якоря и тем уменьшим главный магнитный поток. Угол смещения щеток α (фиг. 21) будет зависеть от силы тока в якоре, т. е. от тока нагрузки. Поэтому бороться с искрением на коллекторе путем сдвига щеток при каждом изменении нагрузки практически крайне затруднительно.

Для ослабления вредного влияния реакции якоря и уничтожения искрения на коллекторе при неизменном положении щеток применяются дополнительные полюсы, устанавливаемые между главными полюсами двигателя.

Дополнительные полюсы создают добавочный магнитный поток, который компенсирует образующееся вследствие реакции якоря искажение главного магнитного потока.

В электрических двигателях каждый дополнительный полюс будет иметь полярность соседнего с ним главного полюса, если считать п р о т и в н а п р а в л е н и я в р а щ е н и я я к о р я. В динамомашинах, наоборот, полярность какого-либо дополнительного полюса будет одинакова с соседним с ним главным полюсом, считая п о н а п р а в л е н и ю в р а щ е н и я

я к о р я. Для того чтобы при любых нагрузках двигателя представлялась возможность компенсировать магнитный поток якоря, обмотка дополнительных полюсов соединяется всегда последовательно с обмоткой якоря двигателя. На фиг. 22 изображена упрощенная схема двухполюсного двигателя с двумя дополнительными полюсами.



Фиг. 22. Схема двухполюсного двигателя с дополнительными полюсами.

22. Конструкция тяговых трамвайных двигателей

К трамвайному двигателю, сообразно его назначению, предъявляется ряд специальных требований, которые для двигателей стационарного типа являются излишними. То, что трамвайные двигатели располагаются под кузовом вагона на сравнительно небольшой высоте, создает необходимость выполнения их со всех сторон закрытыми, хорошо защищенными от попадания внутрь воды и грязи. Недостаток места под трамвайными вагонами заставляет выполнять корпуса тяговых двигателей несколько приплюснутыми, восьмигранной формы, вместо круглой, каковая является наиболее распространенной среди электрических машин.

Крепление трамвайных двигателей под кузовом вагона осуществляется так: с одной стороны двигатель подвешивается посредством двух скользящих подшипников на ось вагона, а с другой прикрепляется к поперечной балке тележки или рамы кузова посредством специальной траверсы и двух пружинных рессор.

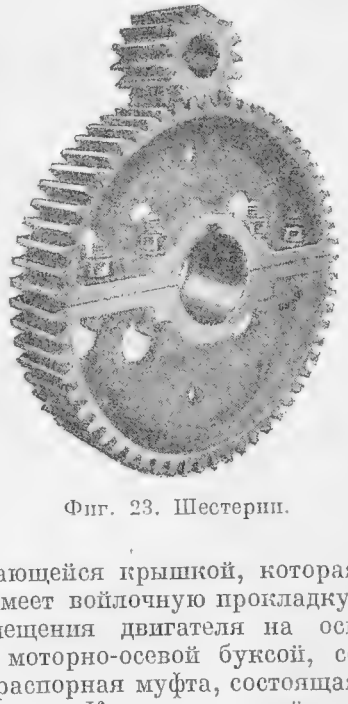
Общее количество устанавливаемых таким образом двигателей на моторных вагонах обычно определяется количеством осей, т. е. двухосные вагоны имеют два двигателя, а четырехосные — соответственно четыре. Вращение от двигателя к оси вагона пере-

дается при помощи шестеренной передачи. Последняя заключена в специальный железный кожух, прикрепляемый к кронштейну подшипникового щита двигателя и к приливу на шапке одного из моторно-осевых подшипников.

Все отверстия в кожухе защищены от проникновения грязи войлочными прокладками.

Внутрь кожуха, для увеличения продолжительности срока службы шестерен, закладывается густая смазка, для чего в верхней части кожуха имеется специальный люк.

Шестеренная передача осуществляется так, что малая шестерня располагается на оси двигателя, а большая — на оси вагона. Таким образом, ось трамвайного вагона получает замедленное вращение относительно самого двигателя, но зато при этом увеличивается вращающий момент, передаваемый на ось вагона.



Фиг. 23. Шестерни.

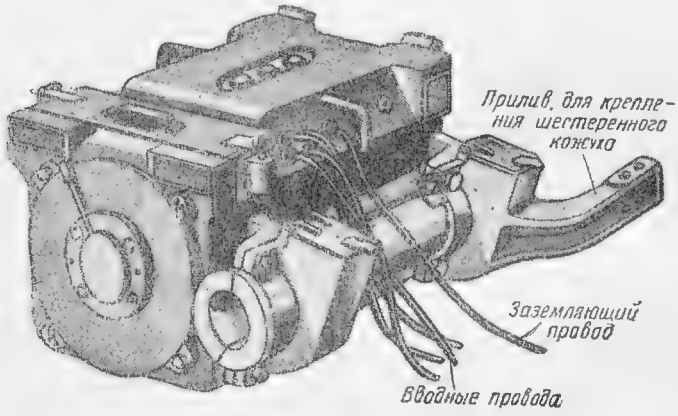
Крепление обеих шестеренок на осях осуществляется при помощи специальных шпонок; большая шестерня выполняется разъемной, и половины ее соединяются между собой двумя или четырьмя болтами с корончатыми гайками; малая шестерня изготовляется из целого куска стали путем обточки и фрезеровки зубцов (фиг. 23). Скользящие осевые подшипники, устанавливаемые в местах подвески мотора, носят название моторно-осевых подшипников. Подшипники состоят из двух сменных бронзовых вкладышей, с наружной стороны они закрываются литыми буксами, имеющими внутри резервуар для жидкой смазки и шерстяной набивки. Сверху каждая шапка снабжена самозакрывающейся крышкой, которая штампуется из листового железа и имеет войлочную прокладку. Для устранения продольного перемещения двигателя на оси вагона, между ступицей колеса и моторно-осевой буксой, со стороны коллектора устанавливается распорная муфта, состоящая из двух стягиваемых болтами половин. Корпус трамвайного двигателя выполняется из магнитной стали. В остове монтируются два люка, из которых верхний имеет эластичное крепление крышки, а нижний — жесткое крепление на болтах; оба люка снабжаются уплотняющими войлочными прокладками.

В точно обработанную горловину остова вставляются и крепятся болтами литые стальные подшипниковые щиты. В средней части последних имеются гнезда со специальной расточкой для размещения роликовых подшипников.

Для предотвращения попадания внутрь двигателя смазки предусматриваются специальные уплотнения.

В крышках подшипниковых щитов делаются гнезда для пополнения роликоподшипников смазкой; на противоположных концах остова двигателя, в верхней его части, делаются отверстия с сетками для засасывания и удаления воздуха из корпуса при вентиляции двигателя.

Подводка электрического тока к обмоткам двигателя осуществляется при помощи вводных проводов. Последние вводятся внутрь корпуса двигателя через специальные резиновые втулки. С противоположной стороны вводные провода оканчиваются кабельными наконечниками и включаются в силовую цепь вагона посредством соединительных коробок, называемых вводными коробками.



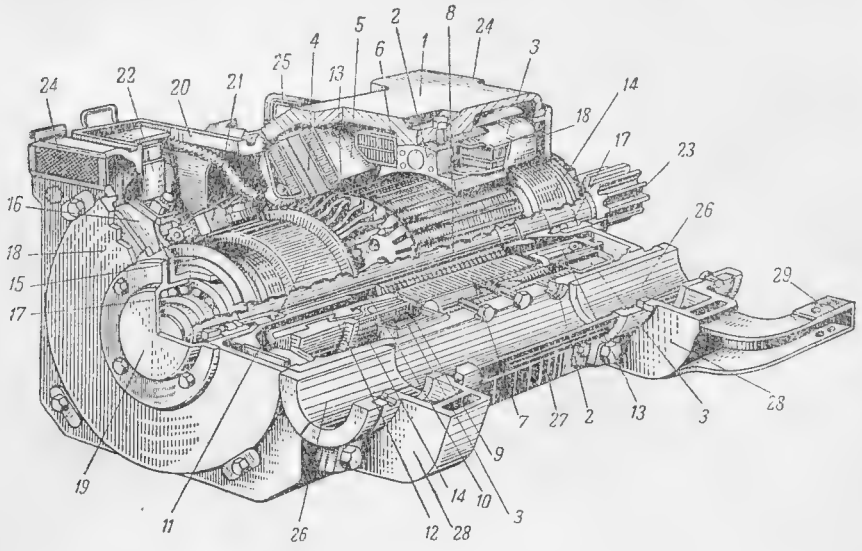
Фиг. 24. Общий вид трамвайного двигателя ДТИ-60.

Для того чтобы предохранить вводные провода от сырости и грязи, на них надеваются брезентовые рукава. Неподалеку от места ввода проводов внутрь корпуса двигателя на остове укрепляется заземляющий провод, имеющий электрическое соединение с корпусом двигателя. Назначение этого провода — отводить из вагона ток к рельсам. Путь тока при этом таков: через заземляющий провод, корпус двигателя, моторно-осевые подшипники, ось вагона, колеса и затем в рельсы.

На фиг. 24 изображен в собранном виде трамвайный двигатель ДТИ-60, где видны вводные провода двигателя и заземляющий провод. На фиг. 25 показан двигатель в разрезе, где: *1* — корпус; *2* — главные полюсы; *3* — катушки главных полюсов; *4* — добавочные полюсы; *5* — катушки добавочных полюсов; *6* — пазы якоря; *7* — железо якоря; *8* — вал якоря; *9* — шпонка железа якоря; *10* — обмоткодержатель; *11* — коллектор; *12* — втулка коллектора; *13* — обмотка якоря; *14* — бандажи обмотки; *15* — нажимная шайба коллектора; *16* — вентилятор; *17* — роли-

ковые подшипники; *18* — подшипниковый щит; *19* — крышка подшипника; *20* — соединительные провода катушек; *21* — щетки; *22* — щеткодержатель; *23* — якорная шестерня; *24* — вентиляционные отверстия с сеткой; *25* — ухо корпуса; *26* — моторно-осевые подшипники; *27* — кожух оси; *28* — моторно-осевые буксы; *29* — кронштейн шестеренного кожуха.

Все современные тяговые двигатели имеют, как правило, четыре главных и столько же дополнительных полюсов. Главные полюсы, для уменьшения вредного действия токов Фуко, собираются из отдельных, изолированных друг от друга листов динамного железа, дополнительные же полюсы вследствие своих малых размеров выполняются сплошными из литой магнитной стали. Крепление полюсов к корпусу двигателя осуществляется на трех



Фиг. 25. Разрез цельнокорпусного двигателя.

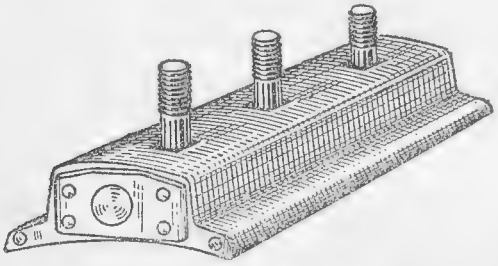
шпильках, завинчиваемых в главных полюсах в специальный сердечник, пропущенный через весь полюс, а в дополнительных полюсах — непосредственно в тело полюса. Расположение полюсов относительно корпуса применяется всегда симметричное, причем, если главные полюсы располагаются по вертикали и горизонтали, то дополнительные полюсы размещаются в промежутках между ними, и соответственно наоборот.

Полюсные катушки наматываются на специальных шаблонах изолированного провода. По окончании намотки катушки снимаются с шаблонов, изолируются сверху тафтяной или киперной лентой и пропитываются изоляционными лаками, а начало и конец их присоединяются к специальным клеммам, устанавливаемым на самих же катушках. Обмотка возбуждения двигателей обра-

зуется путем соединения в определенном порядке полюсных катушек.

Провода, при помощи которых осуществляются эти соединения, носят название междукатушечных, причем эти соединения производятся так, чтобы полярность полюсов все время чередовалась.

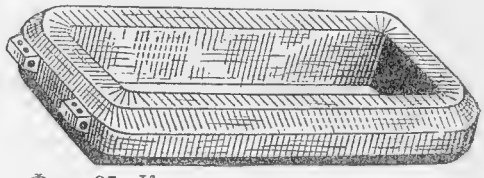
При постановке катушек на полюсы, для лучшей изоляции, между катушками и полюсами прокладывается прессшпан; для того же, чтобы катушки плотнее сидели на полюсах и не передвигались на последних, под катушки со стороны корпуса подкладываются стальные пружинные рамки.



Фиг. 26. Главный полюс трамвайного двигателя.

На фиг. 26 изображен главный полюс трамвайного мотора, на фиг. 27—его катушка, а на фиг. 28 — пружинная рамка. Дополнительные полюсы изготовляются из литой стали.

Сторона полюса, обращенная к якорю, имеет несколько уширенную вогнутую поверхность с радиусом кривизны, на несколько миллиметров превышающим радиус наружной поверхности тела якоря (фиг. 26). Это уширение полюсов называется полюсными башмаками; оно делается для того, чтобы возможно более приблизить полюсы к поверхности якоря и тем уменьшить воздушный промежуток между полюсами и якорем. Этот промежуток, называемый междужелезным пространством, должен быть возможно наименьшим для уменьшения магнитных потерь. В современных трамвайных двигателях он колеблется в пределах 2—4 мм. Меньшую величину междужелезного пространства трудно осуществить по конструктивным соображениям.



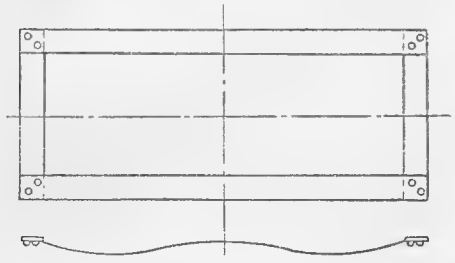
Фиг. 27. Катушка главного полюса трамвайного двигателя.

Якори трамвайных двигателей в основном имеют следующее устройство.

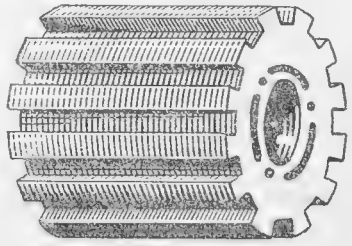
На стальной вал напрессовывается стальная втулка; она служит основанием для сборки активного железа якоря и для крепления коллектора и вентилятора. Железо якоря, как упоминалось выше, собирается из отдельных, изолированных друг от друга, штампованных листов. Изоляция последних осуществляется обычно покрытием их тонким слоем специального лака. На своей наружной поверхности железо якоря имеет пазы для укладки

обмотки, а во внутренней его части, несколько ближе ко втулке, располагаются специальные вентиляционные отверстия (фиг. 29).

Большинство существующих типов трамвайных двигателей имеет параллельную систему вентиляции, при которой потоки охлаждающего воздуха проходят параллельно по вентиляционным отверстиям в теле якоря и одновременно с наружной стороны



Фиг. 28. Пружинная рамка катушки главного полюса.

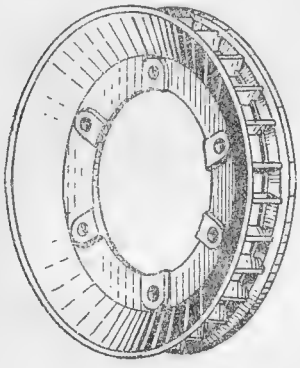


Фиг. 29. Бобина железа якоря.

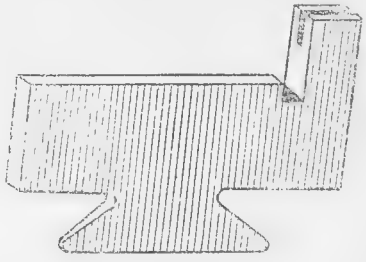
якоря в междужелезном пространстве. Вентилятор, в зависимости от конструкции двигателя, может быть расположен как со стороны коллектора, так и со стороны шестерни.

Вентиляторы трамвайных двигателей делаются железные, алюминиевые или же силуминовые. Конструкция вентилятора представлена на фиг. 30.

Коллектор двигателя собирается из большого количества коллекторных



Фиг. 30. Вентилятор.



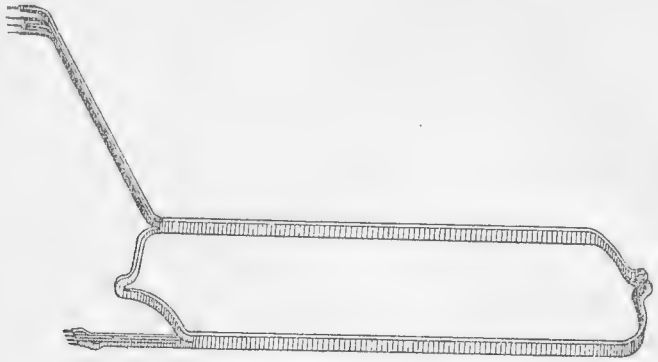
Фиг. 31. Пластина коллектора.

пластин, называемых ламелями и изготовляемых из твердотянутой красной меди.

Материалом для изоляции между коллекторными пластинами служат тонкие миканитовые прокладки. От тела якоря и вала коллектор изолируется двумя миканитовыми конусами и одним миканитовым цилиндром.

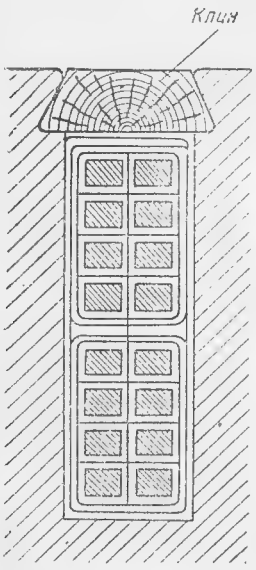
Крепление коллектора на якоре производится болтами со специальной нажимной фигурной шайбой. Сами коллекторные пла-

стины имеют форму ласточкина хвоста, в верхней их части со стороны тела якоря оставляются специальные выступы с прорезями (петушки) (фиг. 31), которые служат для припайки к ним концов обмотки якоря.



Фиг. 32. Секция обмотки якоря.

Обмотка якоря состоит из ряда витков, концы которых припаиваются к соответствующим коллекторным пластинам. Витки обмотки, расположенные в одной и той же паре пазов, объединяются; группа таких витков носит название секции (фиг. 32). Изготовление секций производится на специальных станках. Готовые секции обматываются сверху тафтяной лентой, которая одновременно скрепляет секцию, а также и улучшает ее изоляцию.



Фиг. 33. Крепление обмотки в пазу якоря деревянным клином.

Секции закладываются в пазы, оставленные в теле якоря, причем для лучшей изоляции между обмоткой якоря и его железом пазы якоря, как правило, дополнительно изолируются прессшпаном.

Общее количество секций всегда бывает равно количеству пазов в якоре.

Ввиду того, что при вращении якоря обмотка его вследствие центробежной силы будет стремиться вырваться из пазов, в последние закладываются деревянные клинья (фиг. 33).

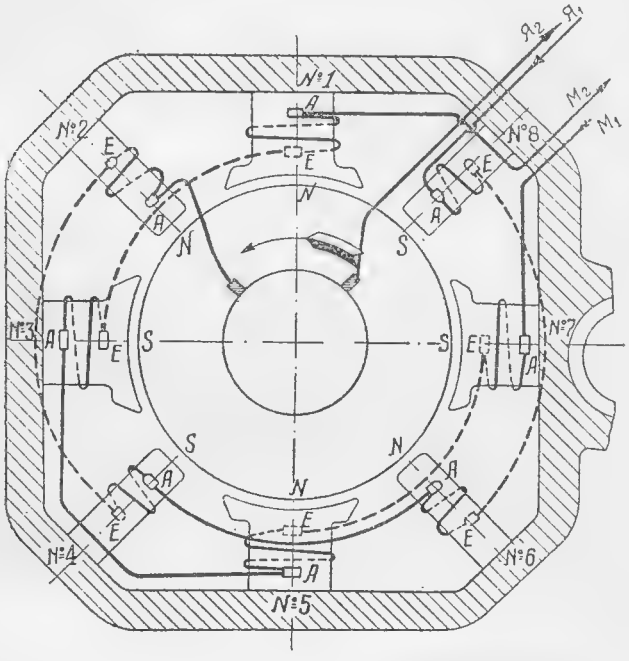
Иногда для крепления обмотки в пазах якоря применяются проволочные стальные бандажи, которые накладываются на поверхности якоря в нескольких местах и затем пропаиваются оловом или третником. Места присоединения проводов секций к ламелям закрываются брезентовым чехлом и стягиваются проволочным и веревочным

бандажами. Коллектор на конце также имеет веревочный бандаж, который покрывается сверху слоем эмалевой краски или изоляционного лака.

На фиг. 34 дана схема внутренних междукатушечных соединений трамвайного мотора типа ДТИ-60.

Буквами $Я_1$ и $Я_2$ на схеме обозначены соответственно начало и конец цепи якорной обмотки, а M_1 и M_2 — начало и конец обмотки главных полюсов.

Вид со стороны коллектора



Фиг. 34. Схема внутренних соединений трамвайного двигателя типа ДТИ-60

Все междукатушечные соединения, осуществляемые на задней стороне двигателя, показаны на схеме пунктирными линиями; они соединяют начало и конец катушек A и E.

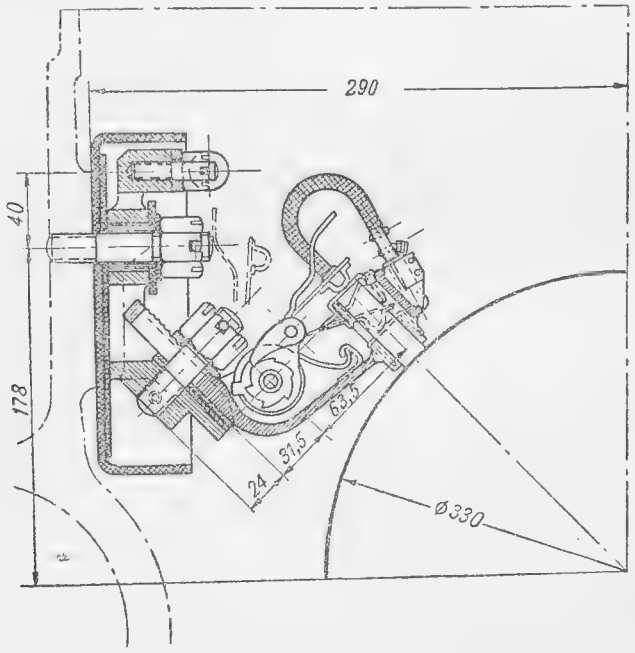
Заштрихованными прямоугольниками обозначены щеткодержатели с их щетками, через которые электрический ток поступает на коллектор.

Современные трамвайные двигатели имеют в каждом щеткодержателе по паре угольных щеток, устанавливаемых радиально по отношению к коллектору. В трамвайных двигателях устанавливается одна пара щеткодержателей с расстоянием между ними, равным $^1/_4$ окружности, считая по верхней поверхности коллек-

тора. Оси установки щеткодержателей всегда совпадают с осями полюсов, расположенных по сторонам верхнего полюса, потому что в этом положении щеткодержатели наиболее доступны для осмотра. Щетки в этом месте находятся на нейтральной линии коллектора.

Щеткодержатели изготовляются из бронзы и состоят в основном из двух частей: корпуса щеткодержателя и кронштейна. Корпус щеткодержателя крепится наглухо в специальной бакелитовой или текстолитовой коробке двумя болтами, изолированными от остова специальными изоляционными втулками.

К нижней части корпуса щеткодержателя прикрепляется одним болтом его кронштейн.



Фиг. 35. Щеткодержатель трамвайного двигателя ДМ-1А.

Поверхности соприкосновения щеткодержателя и кронштейна имеют специальную поперечную насечку, дающую возможность изменять положение кронштейна щеткодержателя относительно коллектора. Поэтому отверстие в кронштейне, через которое пропускается крепящий болт щеткодержателя, делается всегда несколько овальным.

В корпусе щеткодержателя имеются отверстия прямоугольной формы для размещения в них щеток. Поскольку последние должны плотно соприкасаться с поверхностью коллектора, на кронштейне щеткодержателя имеются стальные пальцы, которые при помощи спиральной пружины и храповика создают требуемое давление щеток на коллектор.

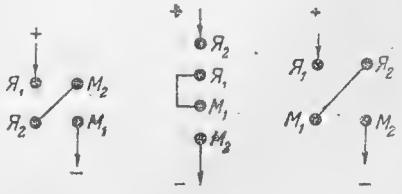
Таблица 1

Основные данные трамвайных двигателей

№ п/п	Наименование	Тип двигателя		
		ПТ-35А	ДМ-1А	ДТИ-60А
	Часовой режим			
1	Мощность в квт	39,6	52,1	55
2	Ток в а	82	105	112
3	Рабочее напряжение в в	550	550	550
4	Число оборотов в минуту	650	650	810
5	Коэфициент полезного действия	0,86	0,90	0,89
	Длительный режим			
6	Мощность в квт	25	32	34,5
7	Ток в а	50	65	70
8	Рабочее напряжение в в	550	550	550
9	Число оборотов в минуту	775	760	970
10	Коэфициент полезного действия	0,87	0,91	0,895
11	Шунтировка поля в процентах	67	67	65
12	Форма корпуса	Восьмигранная	Восьмигранная	Восьмигранная
13	Количество главных полюсов	4	4	4
14	Количество дополнительных полюсов	4	4	4
15	Величина междужелезного пространства (между главными полюсами и якорем) в мм	2	2,8	3
16	Диаметр якоря в мм	310	360	310
17	Число пазов в якоре	35	39	37
18	Крепление секций в пазах	Деревянными клиньями	Проволочный бандаж	Деревянными клиньями
19	Диаметр коллектора в мм	270	330	290
20	Количество коллекторных пластин	175	155	147
21	Толщина межламельной изоляции в мм	0,8	0,8	0,8
22	Система вентиляции	Параллельная	Параллельная	Параллельная
23	Приток охлаждающего воздуха	Со стороны коллектора	Со стороны шестерни	Со стороны шестерни
24	Расположение вентилятора	Со стороны шестерни	Со стороны коллектора	Со стороны коллектора
25	Производительность вентилятора в м³/мин.	3,5	3,5	3,85
26	Материал вентилятора	Алюминий	Алюминий	Силумин
27	Якорные подшипники	Роликовые	Роликовые	Роликовые
28	Моторно-осевые подшипники	Скользящие	Скользящие	Скользящие
29	Число зубьев малой шестерни	15	15	13
30	Число зубьев большой шестерни	66	73	66
31	Передаточное число	4,4	4,86	5,1
32	Вес меди главных полюсов в кг	50	71	58

Продолжение табл. 1

№ п/п	Наименование	Тип двигателя ПТ-35А	Тип двигателя ДМ-1А	Тип двигателя ДТИ-60А
33	Вес меди дополнительных полюсов в кг	32,7	46,2	33
34	Вес меди обмотки якоря в кг	27	42,2	36,5
35	Вес меди коллектора в кг	35	50	29
36	Сечение обмотки главных полюсов в мм	5,1 × 5,9	5,1 × 7,4	1,56 × 22,6
37	Сечение обмотки дополнительных полюсов в мм	5,1 × 5,9	5,1 × 7,4	2,1 × 14,5
38	Сечение обмотки якоря в мм	2,26 × 3,53	3,28 × 3,8	3,28 × 3,8
39	Сечение междукатушечных проводов в мм²	25	25	25
40	Сечение вводных проводов в мм²	25	25	25
41	Сечение заземляющего провода в мм²	25	25	25
42	Количество витков катушки главного полюса	59	54	51,5
43	Количество витков катушки дополнительного полюса	49	46,5	42,5
44	Сопротивление обмотки главных полюсов в горячем состоянии в омах	0,145	0,118	0,093
45	Сопротивление обмотки якоря и обмоток дополнительных полюсов в горячем состоянии в омах	0,348	0,247	0,195
46	Количество щеткодержателей	2	2	2
47	Количество щеток на один щеткодержатель	2	2	2
48	Размеры щеток в мм	12 × 40 × 55	16 × 40 × 55	20 × 35 × 55
49	Давление пальцев на щетки в кг	1,3—1,7	1,7—2,3	1,8—2,5
50	Общий вес мотора в кг	877	1290	960
51	Общий вес мотора с шестеренной передачей в кг	1012	1470	1120
52	Расположение вводных проводов на корпусе мотора	$Я_1$ M_2 / $Я_2$ M_1	$Я_2$ / $Я_1$ / M_1 / M_2	$Я_1$ $Я_2$ / M_1 M_2
53	Схемы включения вводных проводов для случая вращения якоря мотора против часовой стрелки (если смотреть со стороны коллектора, фиг. 36)			



Фиг. 36. Схемы клемм тяговых двигателей.

Для лучшего электрического соединения щеткодержателя со щетками на последние надеваются колпачки, соединенные с корпусом щеткодержателя многожильным медным гибким проводом.

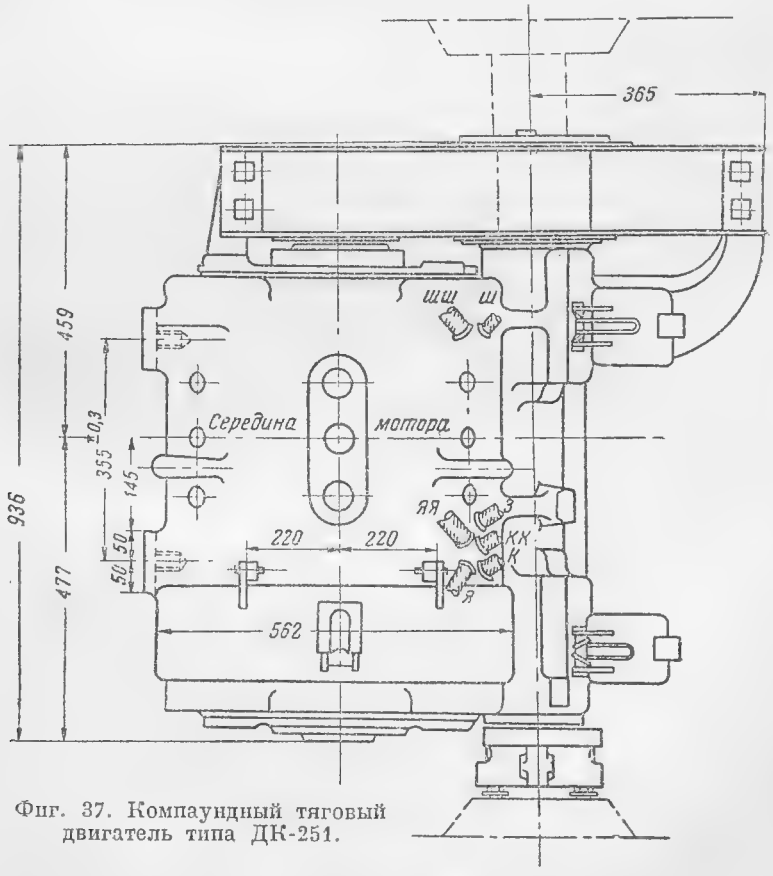
Щетки для трамвайных двигателей применяются угольные, омедненные в своей верхней части электролитическим способом, что необходимо для улучшения контакта.

Общий вид щеткодержателя трамвайного двигателя со вставленными в него щетками представлен на фиг. 35.

В табл. 1 приведены основные характерные данные для современных трамвайных двигателей типа ПТ-35А, ДМ-1А и ДТИ-60А.

23. Компаундный тяговый двигатель

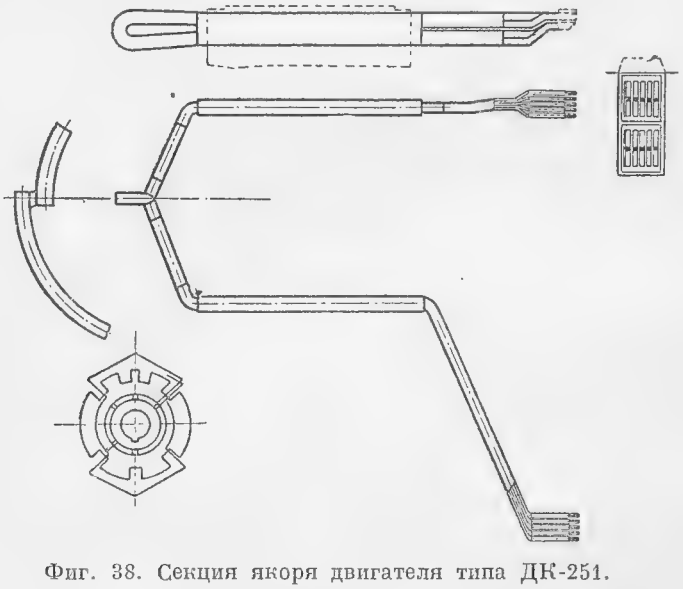
Компаундный двигатель по своим свойствам, как мы знаем, занимает среднее положение между основными типами двигателей — сериесным и шунтовым.



Фиг. 37. Компаундный тяговый двигатель типа ДК-251.

В новых четырехосных вагонах московского трамвая применяется компаундный двигатель типа ДК-251 (фиг. 37).

Двигатель ДК-251 имеет на главных полюсах по две катушки, не связанные между собой электрически. Сериесная катушка выполнена из меди сечением 2,83 × 14,5 мм и имеет всего 8,5 витка, а шунтовая катушка изготовлена из меди сечением 1,16 × 2,44 мм и имеет 480 витков. По сериесным катушкам проходит весь силовой ток якоря, так как они соединены с ним последовательно. Возбуждение же шунтовых катушек происходит от другой электрической цепи, не связанной с якорем и сериесными катушками. Ток, проходящий по шунтовым катушкам, регулируется при помощи реостата, так что его сила изменяется в пределах от 1,55 до 9,35 а. Выводные кабели (концы) шунтовых катушек расположены на противоположном конце корпуса двигателя (фиг. 37). На фигуре они обозначены буквами *Ш* и *ШШ*. Всего же компаундный двига-



Фиг. 38. Секция якоря двигателя типа ДК-251.

тель имеет семь выводных концов: два — сериесные катушки *К* и *КК*, два якорных *Я* и *ЯЯ*, два — шунтовые катушки *Ш* и *ШШ*, один — заземляющий *З*.

Якорь двигателя имеет 31 секцию и в каждой секции 5 одновитковых обмоток (фиг. 38).

На фиг. 39 показана схема соединений катушек и якоря компаундного двигателя ДК-251. Когда двигатель работает на тяговом (моторном) режиме, направление тока в обеих катушках одинаково, так что их ампервитки и магнитные поля складываются.

Надо отметить, что шунтовые ампервитки всегда преобладают над сериесными в 2—3 раза, и бóльшая часть магнитного потока главных полюсов создается шунтовыми полюсными катушками.

Рассмотрим процесс перехода компаундного двигателя с тягового режима на генераторный. Вспомним сказанное о противодействующей э. д. с. двигателя. Мы указали, что сила тока в двигателе равна

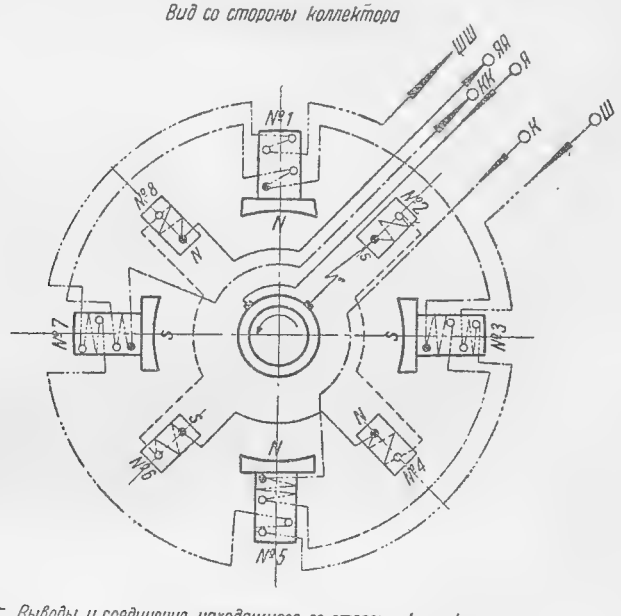
$$I = \frac{U - E}{R},$$

где: U — напряжение на зажимах двигателя;

E — противодействующая э. д. с.;

R — сопротивление обмотки якоря, сериесных катушек и катушек дополнительных полюсов.

Когда двигатель работает на моторном режиме, т. е. он развивает тяговое усилие, то напряжение на его зажимах U превышает э. д. с. E и в якорь поступает ток из внешней сети. Но представим



Фиг. 39. Схема соединений компаундного двигателя ДК-251.

себе, что э. д. с. возросла до величины напряжения сети $E = U$. В этот момент потребление тока из сети прекратится. При дальнейшем увеличении э. д. с. двигатель начнет питать током внешнюю сеть, т. е. начнет работать генератором.

Так как величина э. д. с. данного двигателя прямо пропорциональна произведению магнитного потока на число оборотов — $\Phi \cdot n$, то переход на генераторный режим может произойти, когда это произведение сделается больше, чем напряжение сети.

Если, например, вагон спускается по уклону и развивает боль-

шую скорость, а сила тока в шунтовых катушках достаточна, то двигатель автоматически переходит на генераторный режим. То же может произойти по воле вагоновожатого, когда он при достаточной скорости движения увеличивает силу тока в шунтовых катушках, передвигая назад главную рукоятку контроллера, выводя тем самым часть сопротивлений реостата шунтовой цепи.

Переход двигателя на генераторный режим всегда сопровождается замедлением скорости вагона, т. е. торможением. Это вытекает из закона сохранения энергии. Генератор может вырабатывать электрический ток только за счет затраты другого вида энергии. В данном случае якорь двигателя получает вращение от вагонной оси, а последняя вращается за счет кинетической энергии движущегося вагона (энергии движения). Кинетическая энергия пропорциональна квадрату скорости; поэтому скорость вагона во время работы двигателя генератором резко уменьшается.

При генераторном режиме, так же как и при реостатном торможении, направление тока в якоре двигателя меняется на обратное по сравнению с моторным режимом. Так как никаких переключений в этот момент в компаундном двигателе не делается, то направление тока изменится и в сериесных катушках, соединенных с якорем последовательно, направление же тока в шунтовых катушках остается прежним (возбуждение этих катушек не связано с током якоря). Таким образом, магнитный поток сериесных катушек будет действовать навстречу магнитному потоку шунтовых катушек и ослаблять их магнитное поле. Такой генератор называется противокомпаундным. Двигатель при рекуперативном торможении работает как противокомпаундный генератор. Это обстоятельство уменьшает резкость торможения.

Рекуперативное торможение может иметь место при скорости не ниже 12 км/час.

Основные технические данные компаундного двигателя ДК-251

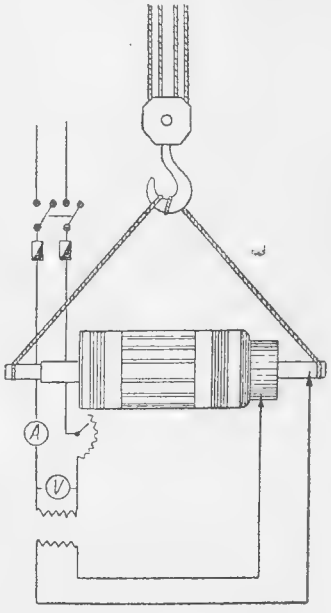
Часовая мощность . . .	45 квт	Размер щеток	20×40×55 мм
Часовой ток	184 а	Сечение обмотки якоря	1,45×10 мм
Число оборотов в минуту	885	Число коллекторных пластин	155
Максимальное число оборотов в минуту . . .	2000	Вес меди якорной обмотки	26 кг
Вес двигателя без передачи	960 кг	Вес меди коллектора	37,4 кг

24. Испытания трамвайных двигателей

Все трамвайные двигатели после ремонта подвергаются ряду испытаний, целью которых является выявление различных дефектов, вследствие которых двигатель не может быть допущен в эксплоатацию. Для того чтобы установить пригодность изоляции обмоток, последние испытываются на диэлектрическую прочность (пробой) переменным током напряжением 2500÷2700 в для новых двигателей в течение одной минуты, напряжением 1500 в — для ремонтированных двигателей после перемотки

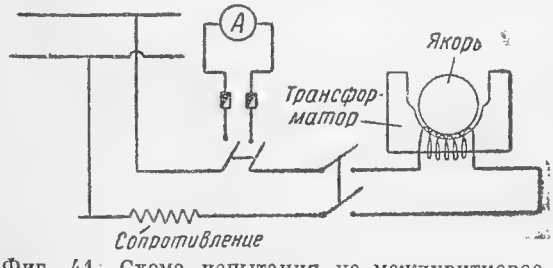
обмоток и напряжением 1000 в — для старых ремонтированных двигателей.

Замыкание обмотки на корпус проверяется так: при помощи трансформатора поднимают напряжение в цепи до 1000—2700 в, один конец линии разъединен. Один конец этого провода присоединяется к железу, а другой — к коллектору, в пластинах которого заложены концы секций. Если обмотка нигде не соединяется с железом, то в линии будет обрыв, и стрелка на включенном в линию вольтметре будет указывать, сколько вольт подведено к концам. Если же есть соединение обмотки с железом, то получится замкнутая цепь, и стрелка вольтметра будет показывать нуль (фиг. 40). Обмотка якоря, кроме испытания на диэлектрическую прочность (пробой), проверяется еще на междувитковое замыкание с помощью специального трансформатора. Целью этой проверки является установление исправного состояния изоляции между отдельными витками обмотки.



Фиг. 40. Схема испытания изоляции якоря на пробой.

Для определения отсутствия замыкания обмотки якорь кладут на трансформатор, сердечник которого имеет вид полюса, на который намотана катушка из меди (фиг. 41 и 42). Через эту катушку пропускают ток. Ток, проходя по катушке, создает магнитный пульсирующий поток, замыкающийся через якорь и полюсы. Если в обмотке якоря нет замыкания между витками, то амперметр, включенный в цепь катушки, будет указывать все время одно и то же число ампер. Если же в обмотке есть замыкание между витками, то амперметр сразу покажет увеличение числа ампер, секция будет нагреваться и если не выключить ток своевременно, то секция сгорит и изоляция на меди обуглится. Если приложить к зубцам паза, в котором находится короткозамкнутая секция, железную пластинку, то зубцы паза будут ее притягивать. Это притягива-

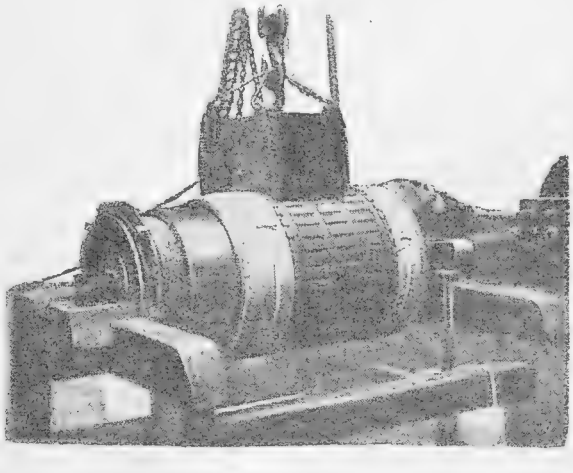


Фиг. 41. Схема испытания на междувитковое замыкание.

ние в волновой обмотке будет в четырех местах, так как обе секции, соединенные в общую сеть, расположены в четырех пазах.

И, наконец, после перемотки якоря последний, при помощи постороннего источника тока и электрической лампочки, проверяется на правильность присоединения концов якорной обмотки к коллекторным пластинам.

Когда изоляция двигателя проверена, он монтируется временно на специальном стенде и включается в течение одного часа в работу при полном часовом токе, т. е. испытывается под нормальной нагрузкой. При этом производится проверка работы щеток и вентилятора, правильности всех соединений двигателя, нагрев подшипников и пр.



Фиг. 42. Испытание на междувитковое замыкание.

По окончании испытания измеряется температура отдельных частей двигателя, которая не должна превосходить допускаемых пределов.

Все испытания на стенде производятся для обоих направлений вращения. Двигатель, прошедший все испытания, считается пригодным для работы в эксплоатационных условиях и может быть установлен на вагоне.

В случае обнаружения во время испытаний каких-либо дефектов последние должны немедленно устраняться, после чего двигатель снова проходит испытания.

Стенд представляет собой специальную конструкцию, на которой устанавливаются рядом два испытываемых двигателя, причем установка их осуществляется, подобно их подвеске, на тележке вагона. Валы испытываемых двигателей соединяются между собой при помощи муфт.

Смысл испытания заключается в том, что один из двигателей заставляют работать мотором, а другой—генератором. Изменяя сопротивление реостата, включенного в электрическую цепь генератора, можно изменить нагрузочный ток двигателя.

Стенд оборудуется щитком, на котором монтируются вся необходимая электроаппаратура и измерительные приборы. В процессе ремонта или изготовления трамвайных двигателей их якори и полюсные катушки пропитываются специальными изоляцион-

ными лаками, после чего просушиваются в специальной печи при температуре 100—110° С.

Пропитка изоляционным лаком обмоток двигателей придает им глянцевитую поверхность и хорошо предохраняет их от воздействия сырости.

Степень просушки якорей и полюсных катушек устанавливается измерением сопротивления их изоляции.

Для этой цели используются специальные приборы (меггеры). Якори и обмотки возбуждения трамвайных двигателей должны при температуре +75° С иметь следующие величины сопротивления изоляции:

1) при выпуске из производства или из капитального ремонта— не менее 1 000 000 ом (1 мегом);

2) в эксплоатации — не менее 600 000 ом (0,6 мегома).

В случае несоответствия этим значениям сопротивления якори и полюсные катушки снова помещаются в сушильную печь, где и находятся до окончательной просушки.

25. Основные неисправности трамвайных двигателей, способы их обнаружения и устранения

Неисправности трамвайных двигателей, встречающиеся в эксплоатации, имеют электрический или механический характер и сводятся к следующим.

1. Перегорание вводных проводов в месте ввода.
2. Перегорание соединительных проводов внутри корпуса двигателя и отгорание клемм.
3. Заземление магнитных катушек.
4. Заземление обмотки якоря.
5. Прогорание междуламельной изоляции.
6. Застопоривание якоря.
7. Ослабление и срывы вентилятора.

Кроме этих наиболее распространенных видов неисправностей, на практике встречается еще целый ряд других более редких повреждений, к которым следует отнести:

1) поломку и пробой изоляции щеткодержателей;

2) прогорание изоляции коллектора;

3) ослабление катушек и клемм;

4) проникновение из роликоподшипников смазки внутрь корпуса мотора;

5) срывы капоров, а также веревочных и проволочных бандажей, и др.

Перегорание вводных и междукатушечных проводов, а также отгорание клемм магнитных катушек, большей частью являются последствием частичных надломов проводов.

Вводные провода обычно надламываются в месте их ввода в корпус от вибраций, возникающих при движении вагона, в особенности при прохождении вагоном стрелок, крестовин и пр.

Соединительные провода большей частью надламываются при осмотре от расшатываний при неумелой проверке ослабления полюсных катушек и клемм.

В надломленном месте вследствие частичного уменьшения сечения повышается плотность тока, место надлома начинает перегреваться и в конечном итоге происходит отгорание клемм.

Мерами борьбы с этой неисправностью следует считать тщательный профилактический осмотр проводов двигателя и их крепления в клеммах для обнаружения надломленных проводов и замены их.

Заземление цепи магнитных катушек трамвайных двигателей происходит обычно или при прогораниях, возникающих вследствие упомянутых причин, или же вследствие пробоев изоляции катушек.

Подобные случаи часто наблюдаются в весеннее время на тех маршрутах, где на путях имеется большое количество воды. Вода, разбрызгиваясь при движении вагона, проникает через вентиляционные отверстия внутрь корпуса двигателя, ухудшает изоляцию его и является причиной перебрасывания электрического тока с коллектора на корпус, причем возможно также и прогорание в отдельных частях двигателя.

Заземление обмотки якоря происходит главным образом вследствие двух основных причин: или при пробоях и прогорании износившейся сильно пересохшей изоляции обмотки, или благодаря каким-либо механическим повреждениям. К последним следует отнести: ослабление деревянных клиньев в пазах якоря, разматывание проволочных бандажей, срывы капоров и пр.

Причиной ослабления клиньев обычно является чрезмерно большой износ роликоподшипников, при котором уменьшается величина междужелезного пространства, или же сильный перегрев двигателя в жаркую погоду, благодаря чему деревянные клинья пересыхают и выскакивают из пазов обмотки.

Прогорание междуламельной изоляции на коллекторе является, как правило, следствием замыкания секций обмотки. Прогорание возникает всегда в двух диаметрально противоположных местах коллектора, благодаря чему можно быстро определить поврежденные секции.

Для устранения указанных повреждений двигатель необходимо снять с тележки, разобрать его и заменить поврежденную часть обмотки.

Застопоривание якоря является повреждением механического характера. Основными причинами, вызывающими его, являются обрыв полюсных шпилек, вследствие чего полюс опускается на якорь, или же какие-либо дефекты в роликоподшипниках (преимущественно со стороны шестерни). К числу последних следует отнести: ослабление контргайки, крепящей втулку подшипника, поломку роликов и стальных колец и пр.

Поломка шейки вала якоря обычно происходит или при наличии в материале вала трещин и раковин, или же вследствие неправильной установки двигателя на тележке и неправильного зацепления шестерен. В подобных случаях, наряду с поломкой шейки

вала, часто выбывают из строя и шестерни двигателя вследствие неравномерного износа, а иногда и выкрашивания зубьев.

Так как при поломке шейки вала якоря последний оказывается без нагрузки, то он может развить недопустимую скорость вращения, что в свою очередь сопряжено с механическим повреждением внутри корпуса двигателя, если во-время не обнаружить неисправности. Ослабление вентилятора является, как правило, результатом небрежного закрепления его на теле якоря.

Если ослабление вентилятора своевременно не устранить, то возможна поломка его, что обычно и имеет место. Кроме того, поломка вентиляторов часто вызывается чрезмерно большим продольным разбегом якоря, что происходит вследствие большого износа роликоподшипников.

Помимо указанных неисправностей, укажем на некоторые характерные неисправности, возникающие при работе вагона на линии, признаки их распознавания и способы устранения.

Наиболее часто внешним признаком повреждения двигателя является выключение вагонного автомата, сопровождающееся обычно сильным треском, отличающим это выключение от выключения при перегрузке, когда этого характерного треска не бывает.

Причина выключения автомата лежит в чрезвычайно большом увеличении силы тока, достигающего значительной величины.

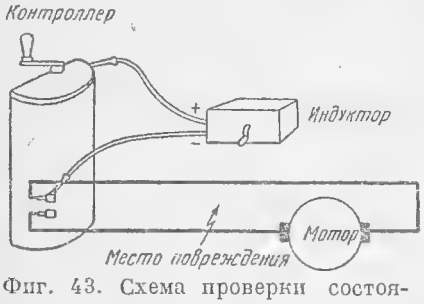
Разрыв мощной электрической дуги на контактах автомата сопровождается сильным треском. Разберем отдельные случаи.

Автомат выключается при каждой попытке включения. В этом случае определение больного двигателя или группы двигателей (на четырехосном вагоне) производится очень просто: помоторным переключением реверсивного валика контроллера.

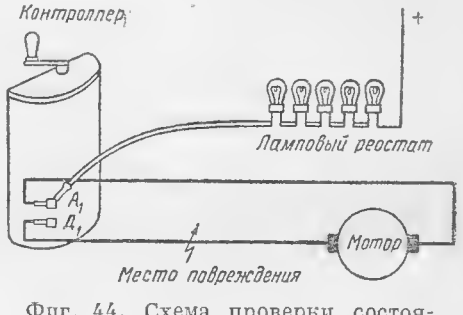
Определив больной двигатель, следует проверить состояние его изоляции, что производится или индуктором (краткое описание индуктора см. ниже), или ламповым реостатом из 5 последовательно соединенных лампочек. Для этой проверки при выключенном автомате и при оттянутом токоприемнике (в этом случае нельзя пользоваться ламповым реостатом) открывается кожух контроллера и к пальцам и корпусу прикасаются проводами индуктора, чтобы получить схемы соединений, изображенные на фиг. 43 для проверки индуктором и на фиг. 44 — для проверки ламповым реостатом. В случае повреждения изоляции индуктор даст звонок или стрелка его упадет до нуля, а в ламповом реостате загорятся лампочки. Проверять индуктором следует не только пальцы контроллера, соединенные с обмотками двигателя, но и пальцы, соединяемые с реостатами, так как возможно повреждение изоляции не только в моторе, но и в реостатах.

Если испытание указывает на повреждение изоляции якоря или катушек, то нужно разъединить провода двигателя под сиденьем и вторично прозвонить цепи уже не от контроллера, а от клемм двигателя, в обе стороны, т. е. в сторону двигателя и в сторону контроллера.

Если эта вторичная проверка указывает на повреждение изоляции в сторону контроллера, а в сторону обмоток двигателя не указывает на повреждение, то, следовательно, выключение автомата происходит не по вине двигателя, а по вине соединительных проводов между контроллером и двигателем. Как говорят, произошло заземление моторных проводов. В этом случае провод, показавший заземление, тщательно проверяется и осматривается на всей его длине. Сначала надлежит осмотреть те места провода, которые соприкасаются с другими (в первую очередь металлическими) частями вагона, как-то: тормозными тягами, балками тележки, скобками, укрепляющими провода, местом выхода проводов из контроллера и т. п. В большинстве случаев место повреждения обнаруживается при этом осмотре по протертой изоляции, по копоти, нагару и другим признакам. Обнаруженное место повреждения необходимо тщательно заизолировать сначала слоем ленты из натуральной резины, а затем одним-двумя слоями пропитанной изоляционной ленты. Так как при этих повреждениях, конечно, оказывается поврежденной и наружная резиновая трубка, в которой должен быть проложен провод, то после изолировки провода нужно надеть на поврежденное место кусочек разрезанной резиновой трубки, укрепив его лентой. По исправлении изоляции нужно также устранить причину, вызвавшую перетирание провода, для чего необходимо укрепить провода двигателя так, чтобы они не имели излишнего запаса длины и не болтались на ходу вагона.



Фиг. 43. Схема проверки состояния изоляции мотора.



Фиг. 44. Схема проверки состояния изоляции мотора.

Если проверка индуктором указывает на повреждение в цепи катушек двигателя, то нужно открыть все смотровые люки и тщательно осмотреть как катушки, так и междукатушечные провода. В этом случае нужно заизолировать поврежденное место и вновь проверить индуктором состояние изоляции.

Когда проверка указывает на наличие заземления в цепи якоря, то может быть заземлена обмотка якоря. Для определения состояния изоляции обмотки якоря и коллектора вынимают щетки из гнезд щеткодержателя и производят проверку. Если эта проверка

производится индуктором, то один из его проводов соединяют с корпусом двигателя, а второй накладывают прямо на коллектор. При проверке ламповым реостатом касаются коллектора проводом от реостата.

При обнаружении повреждения изоляции необходимо заменить якорь. В якорной же цепи может быть заземление добавочных катушек. Как известно, в двигателях с дополнительными полюсами один конец обмотки этих полюсов соединен внутри двигателя непосредственно с одним из щеткодержателей, а второй конец выведен наружу.

Для определения исправности изоляции обмотки дополнительных полюсов нужно сначала разъединить провод добавочных катушек от щеткодержателя, а затем произвести проверку обмотки. При наличии заземления в этой цепи двигатель разбирается и поврежденная катушка заменяется новой.

Наконец, в этой же цепи может быть заземление щеткодержателя. Этот случай определяется также проверкой щеткодержателей при вынутых щетках и разъединенном проводе добавочных катушек. Заземление щеткодержателя устраняется его разборкой и сменой поврежденной изолирующей детали — коробки, втулки и т. п. Очень часто заземление щеткодержателя происходит через слой грязи и угольной пыли. В этом случае оказывается достаточным разобрать и вычистить щеткодержатель.

При обрыве проволочного бандажа якорной обмотки в большинстве случаев также происходит выключение вагонного автомата, так как острые концы проволок лопнувшего бандажа прорезают изоляцию обмотки якоря, а иногда и катушек, и создают короткое замыкание. Такой обрыв бандажа часто можно заметить при осмотре двигателя по торчащим концам бандажной проволоки. Для ремонта двигателя приходится разбирать и сменять якорь, а при повреждении катушек — сменять и катушки.

В этом случае особенно тщательно нужно очистить внутри корпус двигателя от остатков оборванного бандажа, так как маленький кусочек бандажной проволоки, оставшийся в корпусе после сборки двигателя, может повредить новый якорь.

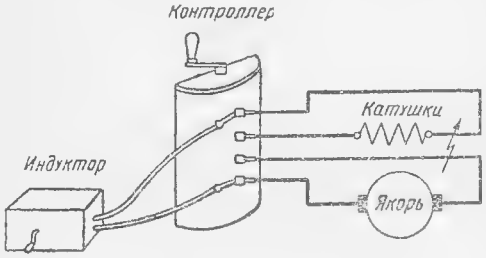
Осадка якоря на полюсы также вызывает выключение автомата. Сущность этого повреждения заключается в износе якорных подшипников (это повреждение — характерное для моторов с подшипниками скользящего трения). При этом междужелезное пространство внизу якоря уменьшается, якорь начинает задевать обмоткой за нижний полюс, якорные бандажи рвутся, а обмотка центробежной силой выбрасывается из пазов и закатывается между поверхностями якорного железа и сердечниками полюсов. Изоляция якорных секций при этом совершенно разрушается, и происходит полное короткое замыкание.

Повреждение это обнаруживается при первом же осмотре двигателя, так как секции, выброшенные из пазов, обычно хорошо видны.

Для ремонта нужно разобрать двигатель, тщательно вычистить внутри корпус и сменить якорь, который обычно приходит в пол-

ную негодность. При ремонте нужно также обратить внимание на состояние поверхности полюсов, которая при осадке якоря обычно зашлифовывается. Постановка в двигатель такого зашлифованного полюса вызовет в дальнейшем появление в нем токов Фуко большой силы, нагревающих полюс.

Укажем, наконец, еще на выключение автомата из-за короткого замыкания, произведенного посторонним предметом, оставшимся в двигателе. Обычно такие случаи бывают после осмотра или ремонта двигателя, когда рабочий забудет внутри двигателя какой-либо предмет: кусок проволоки, болт, нож, отвертку и т. п., которые случайно попадают через открытый люк в двигатель и остаются незамеченными. Иногда причиной такого повреждения является незакрепленная крышка коллекторного люка, провалившаяся на ходу вагона внутрь двигателя.



Фиг. 45. Схема проверки состояния изоляции мотора.

Отметим, что в этих случаях возможно серьезное повреждение коллектора, ламели которого иногда до такой степени оплавляются, что якорь становится непригодным и требуется его замена. Иногда при коротком замыкании обугливается изоляция лобовых частей якоря или катушек, которые тоже могут после этого потребовать замены.

Подобные случаи указывают на необходимость соблюдения рабочим особой аккуратности и внимания при осмотре и ремонте двигателей. Никогда не надо класть внутрь двигателя или близко от открытых люков двигателя какой-либо инструмент или деталь. Уходя от двигателя, хотя бы на минуту, всегда нужно закрывать крышки люков, а закончив работу, тщательно осмотреть внутри корпус двигателя и проверить свой инструмент и оставшиеся и снятые с двигателя детали.

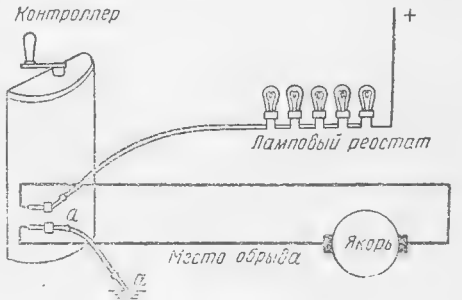
Не всегда проверка на заземление при выключениях автомата бывает достаточна. Бывает и так, что проверка указывает на целость изоляции всех цепей по отношению к корпусу вагона. В таком случае нужно проверить состояние изоляции между цепью якоря и цепью катушек. В этом случае проверка ведется так, как указано на фиг. 45.

Зачастую оказывается, что изоляция между этими цепями нарушена; в таком случае причиной выключения автомата является замыкание цепей якоря и катушек.

Чаще всего местом замыкания являются моторные провода или (что характерно для двигателей типа ПТ) изоляция между главными и добавочными катушками, которые иногда расположены вплотную одна к другой.

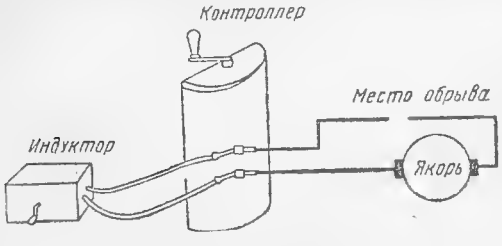
При замыкании в моторных проводах место замыкания обнаруживается осмотром, а повреждение устраняется изолировкой проводов. При замыканиях внутри двигателя нужно разобрать двигатель и сменить поврежденные катушки.

Следующую группу повреждений мы можем объединить под общим названием повреждений с обрывом цепи. Характерным внешним признаком всех этих повреждений будет то, что вагонный автомат при них не выключается автоматически. В то же время при этих повреждениях ток совершенно не поступает в цепь на определенных положениях контроллера. Это отсутствие тока легко заметить, потому что вагон не двигается с места и при выключении контроллера на положение «стоп» не слышно характерного треска выключаемого в контроллере тока.



Фиг. 46. Схема проверки (прозвонки) на целость цепи.

Поврежденный двигатель определяется также помоторным переключением контроллера. При переключении на неисправный двигатель ток в цепь не поступает и вагон не двигается. Отметим, что на четырехосных вагонах обрыв цепи одного из двигателей может долгое время остаться незамеченным в силу того, что двигатели соединяются в группы из двух параллельно соединенных двигателей. При такой схеме ток будет проходить и на последовательном соединении двигателей. Иногда такое повреждение можно обнаружить по чрезмерному нагреву одного из двигателей, включенного в параллель с поврежденным двигателем.



Фиг. 47. Схема проверки (прозвонки) на целость цепи.

При обрыве цепи, как и при заземлении, следует сначала проверить индуктором или группой ламп от пальцев контроллера наличие обрыва и определить оборванный участок цепи. Схема проверки целости цепи будет несколько иная (изображенная на фиг. 46 и 47).

При применении лампового реостата необходимо иметь еще кусочек провода (на схеме фиг. 46 *а—а*) для соединения одного из полюсов цепи с корпусом вагона.

При проверке индуктором оборванная цепь не будет давать звонка, а если индуктор со шкалой, то при оборванной цепи его

стрелка даст наибольшее отклонение. При проверке ламповым реостатом лампочки не загораются при включении в цепь, имеющую обрыв.

Убедившись проверкой цепи от контроллера в наличии обрыва, разъединяют провода под сиденьем и производят вторую проверку самих проводов и цепей внутри двигателя.

При наличии обрыва в моторных проводах тщательно осматривают провод по всей его длине, обращая особое внимание на впайку его в клеммы и на прилегающие к клеммам участки. Отсутствие изломов проверяют перегибанием провода. В месте излома перегиб провода производится без всякого усилия.

При выпаивании провода из клеммы ремонт ограничивается впайкой провода. При изломе зачищается изоляция в месте излома, провод скручивается (если позволяет длина провода), пропаивается и изолируется. Если провод недостаточной длины для производства скрутки, то он или заменяется новым, или в крайнем случае в месте излома вставляется кусок провода того же сечения.

Обрыв в цепи катушек чаще всего бывает из-за выпадения соединительного провода из клеммы катушек. Иногда сама катушечная клемма отпаивается от провода катушки.

Во всех этих случаях место обрыва можно определить осмотром и покачиванием клемм и проводов рукой. Большие затруднения бывают при обрыве проводов в клеммах внутри двигателя. Здесь из-за тесноты и затрудненности доступа в большинстве случаев приходится разбирать двигатель для восстановления нарушенного соединения. Во всяком случае следует предупредить, что лучше затратить больше работы и времени и разобрать двигатель для выполнения хорошего соединения, чем сделать это соединение кое-как и потом ожидать немедленно вторичного возврата вагона по этой же причине обрыва проводов.

Значительно реже происходит излом или обрыв провода внутри самой катушки. В этом случае необходимо разобрать двигатель для смены поврежденной катушки.

Причиной обрыва или перегорания провода в клеммах почти всегда бывает небрежное выполнение работы при сборке двигателя. Так, например, недовернутый полностью винт у винтовой клеммы, или плохая зачистка, или плохая полуда соединяемых концов при соединении пайкой дают контакт с повышенным сопротивлением.

В цепи якоря обрыв возможен в следующих местах.

Отгорел провод у щеткодержателя. Достаточно взять рукой провод, подходящий к щеткодержателю, чтобы обнаружить в этом случае нарушение цепи. Ремонт производится впайкой провода в клемму и присоединением клеммы к щеткодержателю.

Обрыв цепи добавочных катушек. Этот случай совершенно подобен обрыву в цепи главных катушек.

Из прочих электрических повреждений двигателя укажем еще на витковое замыкание катушек. Это повреждение происходит при пробое слоя изоляции между отдельными витками одной и той

же катушки. Причина такого пробоя иногда лежит в недоброкачественном изготовлении катушек, но гораздо чаще пробой вызывается постоянной перегрузкой или перегревом двигателя.

При витковом замыкании в добавочных катушках нарушается правильная коммутация двигателя. На коллекторе появляется сильное бело-синеватое искрение, а временами вспышки, вызывающие иногда выключение автомата.

Витковое замыкание в главных катушках вызывает уменьшение величины магнитного поля мотора, так как при этом часть витков катушки оказывается выведенной из цепи тока, а значит,— уменьшаются ампервитки, создающие магнитное поле.

Это уменьшение магнитного поля действует как шунтировка (только при шунтировке уменьшают не число витков, а силу тока) и вызывает повышение скорости вагона.

Такое же ненормальное увеличение скорости происходит иногда и в случае заземления главной катушки. Случай заземления катушек мы уже разобрали, а сейчас укажем, что в частном случае, когда заземляется последняя по ходу тока катушка, сила тока в цепи может еще не достичь величины, необходимой для выключения автомата, а такое повреждение скажется лишь на увеличении скорости хода вагона.

Так как при витковом замыкании или при заземлении последней катушки поврежденный двигатель имеет меньшее магнитное поле, а скорость вращения якоря такая же, как у другого, здорового, двигателя (оба двигателя работают в вагоне, колесные пары которого вынуждены вращаться с одинаковой скоростью), то противоэлектродвижущая сила больного двигателя оказывается меньшей, и, следовательно, сила тока в нем больше, чем в здоровом двигателе. Это увеличение силы тока вызывает повышенный нагрев двигателя. Поэтому вторым признаком виткового замыкания или заземления главных катушек является ненормально высокий нагрев больного двигателя.

Для определения виткового замыкания в катушках следует рекомендовать способ, заключающийся в измерении сопротивления катушек при питании их переменным током. В этом случае уже небольшое число замкнутых витков значительно уменьшает величину сопротивления провода у поврежденной катушки.

При обнаружении виткового замыкания поврежденная катушка подлежит замене, для чего, конечно, необходимо разобрать двигатель. Пренебрежение витковым замыканием и оставление такого двигателя на вагоне (что, вообще говоря, возможно, так как выключений автомата сначала не происходит) вызовут при дальнейшей работе полную порчу не только катушек, но и якоря, изоляция обмотки которого, работая с повышенным нагревом, постепенно разрушится и придет в негодность.

После рассмотрения случаев неисправностей трамвайных двигателей можно сделать один вывод: бóльшую часть повреждений можно своевременно предупредить путем тщательного и своевременного осмотра и ремонта двигателей.

26. Осмотр и ремонт тяговых двигателей

Подвижной состав трамвая только тогда может работать бесперебойно и надежно, если за ним организован надлежащий уход, если все виды оборудования подвергаются своевременному и правильному осмотру и ремонту. Небрежный осмотр вагонов и неправильный ремонт их приводят к преждевременному износу различных деталей, к нарушению правильной работы отдельных аппаратов и приборов. Несмененная во-время или незакрепленная деталь может привести к аварии.

Все сказанное, конечно, относится ко всем видам оборудования подвижного состава, в частности — к электрооборудованию. Поэтому слесаря по электрооборудованию должны хорошо знать не только устройство и работу всего электрооборудования, но и правила осмотра и ремонта его.

В настоящее время в депо и мастерских трамваев РСФСР предусмотрены следующие виды осмотров и ремонтов подвижного состава.

Ночной осмотр вагонов (ремонт № 1)

Ночной осмотр вагонов имеет целью выявление и устранение повреждений и неисправностей вагонов, могущих вызвать аварии, возврат вагонов в парк и простой вагонов на линии.

Ночной осмотр должен обеспечить выпуск вагонов в состоянии, гарантирующем полную безопасность движения, в безупречной чистоте и образцовом порядке, и обеспечить бесперебойную работу вагонов в течение суток.

При ночном осмотре надлежит выполнить следующие работы.

Осмотр двигателя по верху

Зачистить коллектор и при надобности протереть его тряпкой, смоченной бензином. Проверить состояние петушков. Протереть тряпкой слюдовые кольца.

Осмотреть щеткодержатели и протереть их, при необходимости отрегулировать положение щеткодержателей. Проверить целость бандажей якоря. Проверить состояние щеток и притереть их. Изношенные или сломанные щетки заменить.

Осмотреть верхние магнитные катушки и междукатушечные провода. Проверить крепление полюсов верхних катушек. Осмотреть состояние вводных проводов и их втулок в корпусе.

Проверить продольный разбег якоря. Разбег для цельнокорпусных двигателей не должен быть более 0,75 мм. Осмотреть и проверить крепление крышек коллекторных люков и козырьков вентиляционных люков.

Проверить соединение проводов вводной коробки.

Проверить состояние шестерен, правильность и надежность постановки шестеренного кожуха, а также достаточность в нем смазки.

Осмотр двигателя по низу

Осмотреть нижние катушки, проверить их крепление и состояние междукатушечных проводов. Проверить состояние бандажей якоря. Проверить, не попадает ли внутрь двигателя смазка.

Осмотреть якорные и моторно-осевые подшипники. Проверить, не было ли нагрева их. Осмотреть, проверить и произвести при необходимости крепление моторно-осевых букс, щитов, крышек якорных букс двигателей и распорных муфт. Осмотреть состояние и крепление шестеренных кожухов. Проверить крепление моторных траверс и их кронштейнов. Осмотреть траверсные пружины. Осмотреть крышки масленок моторно-осевых букс.

Двенадцатидневный осмотр (ремонт № 2)

Двенадцатидневный осмотр производится после пробега вагоном около 3000 км и имеет своей целью обеспечить надежную и бесперебойную работу вагона на линии (без аварий, возвратов и простоев по неисправности) в течение 10—12 дней. В двенадцатидневном осмотре надлежит выполнить следующие работы.

Осмотр двигателя по верху

Тщательно осмотреть коллектор. Зачистить коллектор и протереть тряпкой, смоченной бензином. Проверить положение щеткодержателей и щеток на коллекторе. Очистить кистью от копоти веревочный бандаж. Проверить крепление вентилятора. Проверить продольный разбег якоря (разбег для цельнокорпусного двигателя не должен быть более 0,75 мм). Осмотреть металлические бандажи. Проверить крепление щеткодержателей. Проверить исправность пружин и нажимов щеткодержателей. Неисправные нажимы и пружины сменить, отрегулировать давление на щетки. Осмотреть щетки и сменить изношенные или сколотые. Проверить посадку катушек на полюсах и крепление верхних полюсов, проверить клеммы катушек (без вскрытия).

Осмотреть крышку коллекторного люка и исправить. Проверить исправность изоляции проводов и вводных втулок в корпусе двигателя. Проверить заземление двигателя.

Вводные коробки очистить и проверить контакты.

Через 36 дней снять щеткодержатели, осмотреть и промыть бензином.

Проверить через люк шестеренного кожуха зацепление и прочность посадки шестерен.

Осмотр двигателя по низу

Проверить состояние и крепление нижних катушек и междукатушечных проводов. Проверить, не попадает ли внутрь двигателя смазка.

Проверить разбег двигателя по оси и отрегулировать зазор распорной муфтой. Проверить крепление и подтянуть ослабшее бол-

говое крепление моторно-осевых букс, якорных букс, шестеренных кожухов и т. п. Болты с вытянувшейся резьбой сменить. Проверить износ моторно-осевых вкладышей.

Осмотреть крепление траверс и состояние пружин — севшие или сломанные пружины сменить.

Осмотреть крышки масленок и устранить дребезжание.

Через 36 дней снять шестеренный кожух и тщательно осмотреть шестерни и проверить крепление лабиринтовой гайки у цельнокорпусных двигателей.

Малый периодический ремонт (ремонт № 3)

Малому периодическому ремонту подвергаются как моторные, так и прицепные вагоны после пробега около 30 000 км, что в среднем соответствует $4^1/_2$ месяцам.

В малом периодическом ремонте надлежит выполнить следующие работы.

Разобрать двигатель, с выемкой якоря. Очистить и продуть якорь и корпус двигателя с катушками.

Осмотреть и проверить крепление катушек и соединений.

Разобрать, промыть, произвести ревизию и собрать роликоподшипники с заполнением новой смазки. Проверить войлочные уплотнения и лабиринтовые зазоры.

Осмотреть вентилятор и проверить его крепление.

Снять, промыть и исправить щеткодержатель.

Осмотреть и исправить масленки и крышки.

Исправить шестеренные кожухи.

Испытать двигатель.

Средний периодический ремонт (ремонт № 4)

Среднему периодическому ремонту подвергаются как моторные, так и прицепные вагоны, после пробега около 60 000 км, что в среднем соответствует 9 месяцам.

В среднем периодическом ремонте надлежит выполнить следующие работы: произвести полную ревизию двигателей по специальной инструкции с выемкой якоря, катушек и щеткодержателей, с продувкой, промывкой и испытанием изоляции. Отремонтировать или сменить вентиляторы, крышки, масленки и люки, буксовые и полюсные шпильки, болты, подкатушечные пружины и прокладки. Промыть и произвести ревизию роликоподшипников.

Сменить малые шестерни, а при надобности и большие.

Отремонтировать шестеренные кожухи.

Испытать двигатель на стенде.

Большой периодический ремонт (ремонт № 5)

Большому периодическому ремонту подвергаются как моторные, так и прицепные вагоны, после пробега около 120 000 км, что в среднем соответствует 18 месяцам.

В большом периодическом ремонте надлежит выполнить следующие работы: разобрать двигатель и промыть все его части.

Корпус двигателя протравить в растворе каустика. Осмотреть, отремонтировать или сменить крышки коллекторного люка и масленок, масленки, люки, шпильки и болты моторно-осевых и якорных букс и траверс. Окрасить корпус двигателя внутри светлой электроэмалью, а снаружи — серой краской.

Осмотреть, отремонтировать или сменить полюсы, полюсные болты или шпильки, пружины, шайбы и прокладки.

Произвести ремонт магнитных катушек, с просушкой, пропиткой, изолировкой, перепайкой клемм и испытанием.

Произвести ремонт якоря со сменой бандажей, продувкой, промывкой, просушкой, пропиткой, балансировкой, проверкой вала и коллектора на станке. Продорожить коллектор и испытать.

Отремонтировать или сменить вентилятор, вентиляторные колпаки, решетки и волос. Произвести ревизию роликоподшипников, лабиринтовых зазоров и уплотнений.

Испытать двигатель на стенде.

Сменить моторно-осевые вкладыши.

Сменить шестерни. Сменить шестеренные кожухи.

Капитальный ремонт (ремонт № 6)

Капитальному ремонту подвергаются как моторные, так и прицепные вагоны, после пробега около 720 000 км, что в среднем соответствует 9 годам. Сверх работ, перечисленных в большом периодическом ремонте, при капитальном ремонте производятся следующие работы: проверяется на станке централь двигателя с восстановлением построечных размеров (обварка и расточка поверхностей для якорных букс и осевых вкладышей), производится замена букс и пр.

Из приведенного выше краткого описания характеристик работ по осмотру и ремонту не следует делать вывода, что нормы пробегов между осмотрами и ремонтами являются чем-то непоколебимым.

Приведенные нормы могут быть изменены на основании опыта эксплоатации подвижного состава.

Стахановские методы работы, уменьшающие время нахождения вагонов в осмотре и ремонте и повышающие качество ремонта, могут значительно повысить пробеги между осмотрами и ремонтами.

Это же относится и к объему работ при разных видах осмотра и ремонта. Если какой-либо элемент электрооборудования покажет в эксплоатации достаточно надежную работу, возможно в будущем сокращение объема его осмотра и ремонта.

27. Изоляционные материалы и металлы, применяемые в тяговых двигателях и электроаппаратуре

В тяговом двигателе, мотор-компрессоре и электрической аппаратуре применяется большое количество разнообразных изоляционных материалов. Ниже дается краткая характеристика основных материалов с указанием их основных свойств и места применения.

Лаки и компаунды

Изоляционные лаки представляют собой растворы различных естественных и синтетических смол с добавлением специально обработанных масел.

Лаки делятся на пропиточные, покровные, склеивающие и связующие. Пропиточные и покровные лаки применяются для пропитки и покрытия обмоток, катушек и других деталей с целью улучшения их изоляционных свойств, защиты от влаги и пыли и повышения теплоотдачи. Склеивающие лаки служат для склейки различных слюдяных изделий, тканей, лент и т. д. Связующие лаки применяются для изготовления прессованных изоляционных изделий.

Черный асфальтовый лак № 447. Стоек против влаги, паров щелочей и кислот. Применяется для пропитки катушек полюсов и якоря. После пропитки требует сушки при температуре 100° С в течение 5—7 час.

Черный асфальтовый лак № 458. Менее эластичен и теплостоек, чем лак № 447, но быстрее сохнет. Время сушки — 1 час. Применяется для покрытия секций обмотки якоря тягового двигателя.

Черный асфальтовый лак № 462. Отличается повышенными изоляционными свойствами. Время сушки — 2 часа. Применяется для покрытия катушек полюсов, бандажей якоря, поверхности остова и т. д.

Красный глифталевый лак № 1201. Маслостоек, эластичен. При покрытии дает зеркально гладкую поверхность. Время сушки 2—3 часа, но до окончательного затвердевания проходит 10—12 часов. Применяется для покрытия поверхности миканитового конуса коллектора и ряда других деталей.

Черный асфальтовый лак № 460. Применяется для пропитки всех катушек аппаратов, намотанных из проволоки с хлопчатобумажной изоляцией.

Черный асфальтовый лак № 258. Применяется для пропитки всех катушек аппаратов, намотанных из эмалированной проволоки.

Электроэмаль (лак серого цвета). Применяется для покрытия внутренних поверхностей кожухов аппаратов.

Компаунды состоят из асфальтов и битумов с примесью различных смол и масел. Компаунды делятся на пропиточные и заливочные. Пропиточные компаунды служат для пропитки катушек с целью предохранения их от влаги и механических повреждений и повышения теплоотдачи. Заливочные служат для заливки пустых мест в изоляторах, клеммовых коробках, кабельных вводах и т. п., для предохранения от влаги.

Компаундная масса № 225. Точка каплепадения 105—110° С. Применяется для компаундировки (путем пропитки под вакуумом) катушек полюсов тягового двигателя.

Заливочный компаунд. Применяется для заливки изоляторов щеткодержателей, для заливки выводных досок, полюсных

болтов тягового двигателя, в изоляционных панелях, колодках контакторов, для заливок розеток и штепселей междувагонных соединений.

Волокнистые материалы

Прессшпан. Представляет собой неклееный картон. Изготовляется в виде листов или рулонов. Гигроскопичен. Применяется для изоляции пазов якоря, лобовых частей обмотки якоря мотора компрессора, а также в качестве различных прокладок.

Литероид. Продукт целлюлозных материалов. Представляет собой разновидность фибры («листовая фибра»). Очень гибок. Изоляционные свойства выше, чем у прессшпана.

Фибра. Продукт целлюлозных материалов; изготовляется из бумажного тряпья. Хорошо обрабатывается. Гигроскопична. Изоляционные свойства довольно высоки. Из фибры изготовлены колодки контакторов, трубки предохранителей и пр.

Литероид и прессшпан применяются в качестве изоляционных прокладок.

Ткани и ленты

Кембрик и кембриковая или тафтяная лента. Гладкая, эластичная ткань, пропитанная масляным лаком. Пробивное напряжение — 3500 в на 0,1 мм. Применяется для изоляции обмотки якоря и междукатушечных соединений, катушек аппаратов, выводных концов катушек, концов проводов у кабельных наконечников.

Эксцельсиоровая лента. Шелковая ткань, пропитанная светлым масляным лаком. Применяется для изоляции катушек мотора компрессора.

Черное пропитанное полотно и лента. Гладкая, эластичная ткань, пропитанная черным масляным лаком. Полотно применяется в качестве чехла якоря тягового двигателя. Лента применяется в тех же случаях, что и кембриковая лента.

Киперная лента. «Киперное плетение» отличается от простого тем, что нити идут под углом к кромке ленты. Киперная лента обладает повышенной прочностью по сравнению с лентой простого плетения. Применяется для изоляции катушек полюсов тягового двигателя.

Бакелитовая бумага. Специальная бумага, пропитанная бакелитовым лаком. Пробивное напряжение около 7 кв на 1 мм. Применяется для опрессовки валов контроллера, реверсора и других аппаратов.

Пропитанная хлопчатобумажная лента. Употребляется для изолировки выводов катушек.

Слюда и миканиты

Слюда — кристаллический минерал, расщепляется на очень тонкие пластинки. Обладает высокими изоляционными свойствами.

Миканит представляет собой пластинки слюды, склеенные лаком (шеллачным, реже — бакелитовым) в листы различной толщины. Миканит гибок, теплостоек, имеет высокие изоляционные свойства. Существует большое количество сортов миканита.

Коллекторный миканит. Изготовляется из слюды на шеллачном лаке. Пробивное напряжение — около 30 кв на 1 мм. Применяется в качестве изоляционных прокладок между пластинами коллектора.

Гибкий миканит. Изготовляется из слюды на шеллачном лаке. Обладает повышенной гибкостью. Пробивное напряжение — около 20 кв на 1 мм. Применяется для изоляции нажимных шайб якоря и секций обмотки якоря тягового двигателя.

Формовочный миканит. Изготовляется из слюды на шеллачном лаке. Применяется там, где требуется точная прессовка, в частности — для миканитовых конусов коллектора, для опрессовки шпилек ящиков пусковых сопротивлений.

Миканитовая лента, или миканитовое полотно. Слюдяная лента, оклеенная бумагой.

Подкладочный миканит. Употребляется в качестве различных подкладок.

Миканитовые шайбы. Применяются в ящиках пусковых сопротивлений.

Асбестовые изделия

Асбест — волокнистый материал. Отличается теплостойкостью, выдерживает без вреда температуру до 200—250° С. Гигроскопичен. Изоляционные свойства — невысокие. Пробивное напряжение — от 0,6 до 1,2 кв на 1 мм. Асбестовые изделия применяются в тяговом двигателе для обеспечения противопожарной безопасности.

Асбестовое полотно. Прочная ткань из асбестовой пряжи с небольшим содержанием хлопчатобумажного волокна. Применяется для изоляции нажимных шайб якоря.

Асбестовая лента. Применяется для изоляции секций обмотки якоря, катушек полюсов и междукатушечных соединений.

Асбестовая бумага. Листовой асбест, пропитанный в льняном масле. Применяется для междувитковой изоляции катушек полюсов и для оклейки внутренней поверхности кожухов аппаратов.

Асбест-цемент. Изготовляется посредством прессовки из асбеста, портландского цемента и талька. Производится в виде досок. Обладает хорошими механическими свойствами и малой гигроскопичностью. Теплостоек и дугостоек (хорошо выдерживает действие вольтовой дуги). Применяется для стенок искрогасительных камер и для панелей различных аппаратов, заменяя в этом случае шифер. Там, где изделия из асбест-цемента не подвергаются непосредственному воздействию вольтовой дуги,

они пропитываются (пропитка понижает гигроскопичность и дугостойкость).

Пластмассы. Материалом для прессованных изделий, применяемых в аппаратах, служит карболит, состоящий из древесной муки и бакелитового лака. Сырая пластмасса прессуется под высоким давлением в металлических прессформах, в которых ей придается нужная форма. Прессованные детали отличаются точностью изготовления и хорошо обрабатываются. Изоляционные свойства невысоки, пробивное напряжение — около 3 кв на 1 мм. Изделия из пластмассы применяются во многих аппаратах: электромагнитных контакторах, контроллере, реле, выключателях и т. д.

Металлы

Металлы разделяются на черные и цветные.

К черным металлам относятся железо, чугун, сталь; к цветным металлам — медь, алюминий, никель, серебро и др.

Каждый из этих металлов обладает определенными физическими свойствами. Так, например, чугун тверд и хрупок. Он легко выдерживает сжатие, например, в колоннах, и плохо поддается растяжению или изгибу.

Чугун не обладает ковкостью и вязкостью. Нельзя также кузнечным способом сварить два куска чугуна.

Железо — вязкий металл, хорошо куется и сваривается кузнечным способом.

Сталь, имея перечисленные свойства железа, обладает дополнительными качествами. Она имеет достаточную твердость, упругость и подвергается закалке. Под закалкой понимается приобретение сталью твердости при соответствующем ее нагревании и охлаждении. Железо, чугун и сталь обладают магнитными свойствами.

Чугун, железо и сталь получаются из железной руды, встречающейся в природе в виде залежей.

Руда представляет собой химическое соединение железа с примесями, как, например: фосфором, серой, кислородом и механическими примесями — горными породами, песком, глиной и т. д.

Выплавка из железной руды производится в специальных печах, называемых доменными печами. При плавке руды в доменной печи получается чугун.

Чтобы удалить вредные примеси (серу, фосфор), находящиеся в руде, при отжиге последней, в доменную печь загружают кокс или древесный уголь, при помощи которых и удаляют эти примеси.

Полученный в доменной печи расплавленный чугун выливается в канавки в форме брусков полукруглого сечения, называемых чушками.

Чугун в чушках применяется для различных литейных работ.

Из чугуна изготовляются следующие вагонные детали: тормозные колодки, детали ручного тормоза, тормозные цилиндры, компрессорные цилиндры, кожухи контроллеров, сеточные цилиндры и пр.

Ж е л е з о и сталь получаются из чугуна путем выжигания из последнего углерода. В чугуне содержится до 4% углерода. Выжигание углерода производится в особых печах или горнах во время расплавления чугуна посредством подачи достаточного количества воздуха. Кислород воздуха, соединяясь с углеродом, уменьшает содержание углерода в чугуне.

При уменьшении содержания углерода в чугуне до 1,7% последний переходит в сталь; при дальнейшем уменьшении углерода до 0,25% получается железо. Из железа изготовляются те вагонные части, которые должны обладать достаточной механической прочностью и вязкостью, как, например: балки для рамы кузова, тележек, кузовные стойки, тормозные траверсы, моторные траверсы; части двигателей: железо якоря, сердечники магнитных полюсов, шестеренные кожухи и т. д. Там, где требуется большая механическая прочность и упругие свойства, применяется сталь.

Из с т а л и изготовляются: оси, колесные центры, бандажи, буксы, рессоры, пружины, корпуса двигателей, болты для крепления частей моторно-осевых подшипников, шестерни двигателей, корпуса компрессоров, подвесные кронштейны, тормозные башмаки, инструмент и прочие детали.

Для придания стали большей твердости и упругости она закаливается. Закалка заключается в нагреве стального куска до 750—900° С, после чего нагретый кусок или часть его быстро охлаждается в воде, масле и пр.

Так как сталь после закалки приобретает свойство хрупкости, необходимо закаленную стальную деталь подвергнуть отпуску или отжигу.

Отпуск заключается в том, что закаленная деталь после охлаждения ее до 200° С снова нагревается до температуры 250—330° С и затем вторично быстро охлаждается.

Особо твердая сталь идет на режущий инструмент, например, на резцы, зубила и т. д.

К р а с н а я м е д ь встречается в природе в виде медной руды. В руде медь находится в химическом соединении с серой и железом. В более редких случаях красная медь встречается в чистом (так называемом самородном) виде.

Красная медь выплавляется из руды в особых печах, после чего подвергается прокатке и дальнейшей обработке.

Свойства меди следующие: она обладает лучшей из всех металлов электропроводностью, хорошо проводит теплоту и звук, имеет свойства ковкости, вязкости и тягучести. Имея указанные свойства, медь нашла себе широкое применение в электропромышленности.

Красная медь употребляется для обмоточного провода для якорей двигателей, магнитных коллекторов, искрогасительных

катушек, контроллеров, автоматов, сегментов и сухарей контроллеров, силовых проводов и кабелей и прочих токонесущих частей электрооборудования.

Алюминий добывается из алюминиевых руд—криолита и боксита. Алюминий — металл серебристо-белого цвета, имеет малый удельный вес (2,6) и обладает свойствами ковкости и тягучести. Алюминий легко окисляется, покрываясь слоем окиси. Электропроводность алюминия меньше меди почти в два раза, однако благодаря легкому весу и дешевизне алюминия он применяется для электрических проводов.

К недостаткам алюминия следует отнести затруднения при пайке.

Так как алюминий является металлом легким и вязким, он применяется для изготовления контактной части токоприемника.

Свинец добывается из свинцовых руд. Это—металл сине-серого цвета, легко окисляется на воздухе и покрывается налетом окиси. Свинец металл тяжелый (удельный вес 11,4). Он обладает ковкостью, тягучестью, трудно поддается действию кислот, поэтому применяется в химической промышленности. Температура плавления свинца 327° С. В трамвайной практике свинец употребляется в сплавах, идущих для паяния, в баббитах и пр.

Олово — металл серебристо-белого цвета с блестящей поверхностью. Олово обладает свойствами ковкости и тягучести. Плавится при температуре 232° С. Окисляется на воздухе; олово плохо поддается действию кислот. Олово применяется при спайке металлов, а также входит в состав сплавов.

Цинк — металл с серебристо-светлой поверхностью. В холодном состоянии цинк хрупок, при нагревании же его до 100—150° С он приобретает свойства ковкости и тягучести. Цинк трудно окисляется на воздухе при обычной температуре, вследствие чего и применяется для покрытия листового железа, гвоздей, скоб, железной проволоки и т. п.

Никель — металл серебристо-белого цвета с темноватым оттенком. Никель — металл твердый, тягучий, слабо поддается окислению на воздухе и поэтому в практике применяется для защиты металлических частей из железа и меди от окисления (никелирование).

Сурьма — металл хрупкий, кристаллического строения. Сурьма не обладает свойствами ковкости и тягучести. При сплаве с оловом и свинцом она дает достаточно твердый сплав, почему и применяется для антифрикционных сплавов (баббит).

Бронза представляет собой сплав красной меди с оловом с добавлением цинка.

Например, для вкладышей моторно-осевых подшипников рекомендуется следующая бронза: красной меди 83 части, олова 17 частей, или красной меди 82 части, олова 16 частей, цинка 2 части.

Бронза тверже меди, но более легкоплавка, легче подвергается обработке.

Бронза употребляется для моторно-осевых подшипников, для подшипников компрессоров, роликов токоприемников.

Латунь или, как ее называют, желтая медь представляет собой сплав: красной меди 64,8%, цинка 32,8%, свинца 2%, олова 0,4%. Латунь применяется для мелких отливок, как например: частей контроллера, клемм, рубильников, щеткодержателей и т. п.

Специальные стали, например, никелевая, хромоникелевая и др., применяются для шестерен, якорных валов и других частей, где требуются высокие механические свойства металла при достаточной упругости.

Сплавы с высоким электрическим сопротивлением — никелин, фехраль, реотан, нихром — применяются для пусковых реостатов, электромагнитных катушек контакторов, реле и других приборов.

Припои

К припоям относятся легкоплавкие сплавы, применяемые для пайки медных, железных и других металлических частей.

Более распространенным припоем является третник. Третник представляет сплав: олова 1 часть, свинца 2 части.

Температура плавления третника 210° С.

При пайке железных и стальных предметов спаиваемые поверхности необходимо подвергать механической очистке наждачной бумагой, а жирные пятна удалять промыванием щелочью (каустическая сода).

Перед пайкой спаиваемые очищенные поверхности покрываются травленой кислотой (хлористым цинком), полученной растворением цинка в соляной кислоте. При пайке электрических приборов, а также всех частей электрических машин и аппаратов, ни в коем случае нельзя применять травленой кислоты, так как последняя в месте припоя дает впоследствии разрушение спаиваемого места. В этом случае рекомендуется вместо травленой кислоты при пайке применять канифоль или стеарин. Запаивание концов якорных секций в петушках коллектора нужно производить чистым оловом, а не припоем.

Баббит представляет собой сплав белого цвета, состоящий из олова, свинца, сурьмы, меди и других металлов в различных пропорциях. Этот сплав применяется для заливки якорных подшипников двигателей, подшипников наружноосевых букс, подшипников компрессоров и пр.

Баббит имеет точку плавления около 450° С.

ГЛАВА III

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА ТРАМВАЙНОГО ВАГОНА

28. Общее описание

Пуск, разгон и регулирование скорости движения поезда, а также и его электрическое торможение, производятся при помощи аппаратуры, составляющей электрическое оборудование поезда.

Обычно на трамвайных вагонах раньше устанавливались два контроллера (по одному на каждой площадке) для получения возможности управлять поездом с обеих площадок (двухстороннее управление).

Электрическая цепь, соединяющая все двигатели, пусковые реостаты, контроллеры и пр., носит название силовой цепи.

Провода силовой цепи, соединяющие контроллеры, обыкновенно укладываются в два отдельных брезентовых рукава (по одному вдоль каждой стороны вагона), причем от соответствующих проводок берутся ответвления к тяговым двигателям и реостатам.

В последнее время в связи с распространением односторонних вагонов второй контроллер не устанавливается.

При помощи контроллера выполняются следующие операции:

а) пуск двигателей в ход;

б) регулирование скорости движения поезда;

в) изменение направления движения (ход вперед и назад);

г) электрическое торможение поезда;

д) выключение неисправного двигателя.

В трамваях применяются главным образом для непосредственного управления контроллеры барабанного типа. Контроллер барабанного типа состоит из двух барабанов, или валов, на которых расположен ряд изолированных от вала медных пластин-сегментов. Рядом с каждым барабаном помещается определенное число пружинных контактов — пальцев, к которым присоединяются провода от токоприемника, якоря и магнитных катушек двигателей, ступеней реостатов, шунтов и т. д.

Кроме контроллера для непосредственного управления, существуют для косвенного управления контроллеры кулачкового типа.

Контроллер кулачкового типа имеет рычажное управление. На главном кулачковом валу квадратного сечения насажены шайбы из прессованного изоляционного материала. При вращении вала по кулачковым шайбам катятся ролики контактных элемен-

тов, расположенных в два ряда сверху и снизу; при этом происходят размыкание и замыкание соответствующих контактов цепи управления. Ручка главного вала сообщает ему вращение через шестерню и зубчатые сегменты. Небольшой реверсивный вал имеет 4 кулачковые шайбы и расположен параллельно главному валу. Ручки главного и реверсивного валов сблокированы.

29. Контроллеры барабанного типа

Как упоминалось выше, трамвайные контроллеры представляют собой специальные аппараты, предназначенные для управления движением вагона.

В зависимости от количества устанавливаемых на вагоне моторов и их мощности, а также некоторых специальных требований, изменяются соответственно конструкция и схемы трамвайных контроллеров.

Так, например, контроллеры для двухосных трамвайных вагонов значительно отличаются от контроллеров для четырехосных вагонов, хотя и аналогичны им по своему устройству и внешнему виду. В настоящее время в трамвайном хозяйстве получили наибольшее распространение так называемые контроллеры барабанного типа, в которых все соединения и переключения осуществляются поворачиванием специальных барабанов (главного, реверсивного и тормозного), откуда и происходит название — «барабанные».

Эти контроллеры предназначаются для двух основных схем:

а) схемы с непосредственным управлением и

б) схемы с линейным контактором.

В системе непосредственного управления все необходимые соединения, а также включение и выключение силового тока, осуществляются непосредственно в контроллере.

В схеме с линейным контактором контроллер лишь подготавливает электрические соединения силовой цепи, включение же и выключение силового тока производятся специально предназначенным для этой цели аппаратом — линейным контактором.

Последняя схема в трамвайном хозяйстве привилась сравнительно недавно, но с каждым годом она приобретает все большее распространение благодаря своим несомненным преимуществам.

Вследствие того, что при этой схеме в контроллере совершенно не происходит разрывов тока и, следовательно, исключается возможность образования «вспышек» и прогорания изоляции, значительно удлиняется срок службы контактных устройств контроллеров.

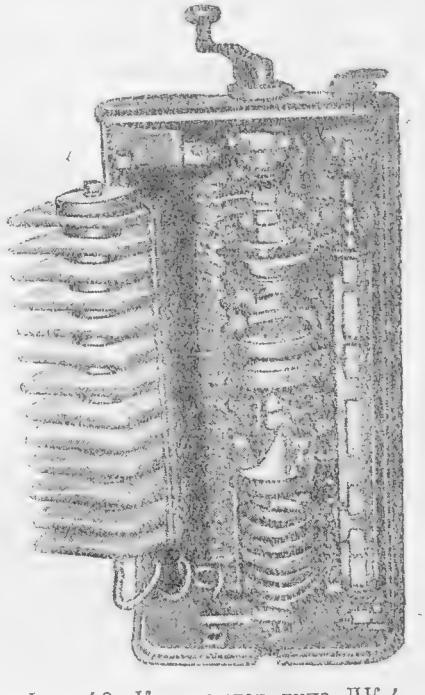
Контроллеры непосредственной системы управления по своей конструкции очень немногим отличаются от контроллеров, предназначенных для работы с линейным контактором, но схема соединений последних получается сложнее вследствие добавления

в их электрическую цепь дополнительных аппаратов и приспособлений.

Из контроллеров, устанавливаемых на двухосных трамвайных вагонах при непосредственной системе управления, наиболее совершенными и распространенными являются контроллеры типа ДК-4. Путем незначительных конструктивных изменений этих контроллеров удалось создать новый тип контроллера ДК-4М, предназначенный специально для работы с линейным контактором.

Схема электрических соединений этого контроллера, а также принцип действия линейного контактора, описаны ниже. Здесь же остановимся на конструктивных особенностях и схеме контроллера типа ДК-4, который является наиболее распространенным трамвайным барабанным контроллером.

Внешний вид этого контроллера представлен на фиг. 48.



Фиг. 48. Контроллер типа ДК-4 с открытым кожухом.

Контроллер типа ДК-4 предназначен для установки на двухмоторном трамвайном вагоне при рабочем напряжении до 600 в и мощности каждого из обслуживаемых тяговых двигателей не свыше 55 квт.

Контроллер имеет шесть тормозных и десять ходовых положений, из которых последовательному соединению двигателей соответствуют положения *1—6* и параллельному соединению — *7—10*. При этом на положениях *6* и *10* осуществляется шунтировка поля двигателей.

Основными составными частями конструкции этого контроллера являются следующие.

К о р п у с. Корпус представляет собой чугунную отливку, спереди закрытую кожухом из листового железа с защелкой, а сзади — задним щитом, в котором имеется специальная вертикальная щель для ввода внутрь корпуса контроллера проводов.

К р ы ш к а. Крышка отливается также из чугуна. В верхней своей части она имеет два отверстия для пропуска концов валов главного и реверсивного барабанов и отлитые деления и надписи, указывающие соответствующие положения барабанов. На концы валов барабанов надеваются специальные рукоятки: большая,

несъемная,—на конец вала главного барабана и малая, съемная,— на реверсивный вал.

Главный барабан. Главный барабан выполняется в виде стального вала квадратного сечения, опрессованного сверху изоляцией. Поверх опрессовки по всей длине вала устанавливаются при помощи хомутиков специальные латунные отливки (сегментодержатели), к которым прикрепляются винтами медные винтовые полоски разной длины (сегменты).

Отдельные сегментодержатели, в зависимости от схемы контроллера, имеют друг с другом электрические соединения, выполненные проводом или путем специальной отливки сегментодержателей.

На верхней части главного барабана, под крышкой контроллера, закрепляется специальная зубчатка с несимметрично расположенными зубьями, называемая звездой. На последней устроено защелкивающее приспособление, не позволяющее вагоновожатому переводить главную рукоятку контроллера в направлении хода более чем на одно деление за один толчок руки.

Тормозной барабан. Тормозной барабан контроллера ДК-4 является как бы совмещенным с его главным барабаном, так как находится с последним на одном валу.

Тормозной барабан состоит из шести самых нижних сегментов и устроен таким образом, что при переводе главной рукоятки с положения «стоп» на положения, соответствующие электрическому торможению, он приходит во вращение несколько раньше главного барабана, благодаря чему осуществляется включение электрической цепи. Аналогичным образом на главном барабане производится и разрыв тока при переводе главной рукоятки контроллера обратно в положение «стоп».

Благодаря такому устройству сегменты тормозного барабана выполняются несколько облегченными и не имеют сменных наконечников, которые, как правило, устанавливаются на сегментодержателях контроллера, на которых происходит разрыв силового тока, а также при сегментах большой длины для частичной замены последних при износе.

Реверсивный барабан и переключающий механизм. Реверсивный барабан состоит из круглого стального вала, на котором насажен деревянный цилиндр с расположенными на нем двумя вертикальными рядами медных сегментов. Последние в соответствии со схемой данного типа контроллера имеют ряд электрических соединений из голой полосовой меди.

В верхней части реверсивного барабана располагается специальное приспособление, называемое переключающим механизмом, которое предназначается для отключения одного тягового двигателя в случае его неисправности. Переключающий механизм в основном состоит из головки, насаживаемой на вал реверсив-

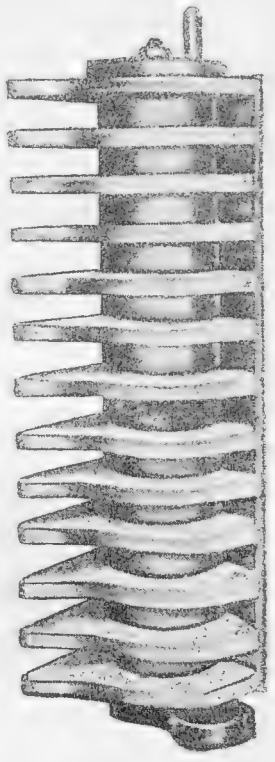
ного барабана, и специального диска, закрепляемого на проходящей сквозь заднюю стенку контроллера оси.

Эта ось связана с реверсивным барабаном таким образом, что при повороте диска в одну сторону барабан поднимается вверх, а при повороте в обратную сторону опускается вниз. Соответственным перемещением при этом медных сегментов, расположенных на реверсивном барабане, и достигается отключение одного из двигателей.

Поворот диска осуществляется при помощи съемной рукоятки контроллера, для чего реверсивный вал предварительно необходимо поставить в нулевое положение, так как иначе снять рукоятку нельзя.

Надеть реверсивную рукоятку на диск возможно только в одном из его положений: в среднем (нулевом), соответствующем включению обоих двигателей, или в крайних положениях, при которых один из тяговых двигателей включен.

Для лучшей фиксации этих положений диска переключающий механизм имеет специальные шариковые фиксаторы, благодаря которым рабочее положение рукоятки хорошо ощущается рукой. Такой же шариковый фиксатор в тех же целях устанавливается и на нижней части реверсивного вала.



Фиг. 49. Искрогасительная катушка контроллера ДК-4.

К о н т а к т н ы е с т о й к и. Подводимые к контроллеру силовые провода присоединяются к специальным контактам (пальцам), расположенным внутри корпуса контроллера на двух стальных опрессованных изоляцией стойках. Одна из этих стоек обслуживает главный и тормозной барабаны, а вторая — реверсивный барабан; обе стойки носят название контактных стоек.

Пальцы главного барабана выполняются более массивными в сравнении с пальцами тормозного и реверсивного барабанов и имеют на концах сменные сухари из красной меди. Для регулировки нажима и хода пальцев при каждом из них имеется специальная регулировочная шпилька со спиральной пружиной.

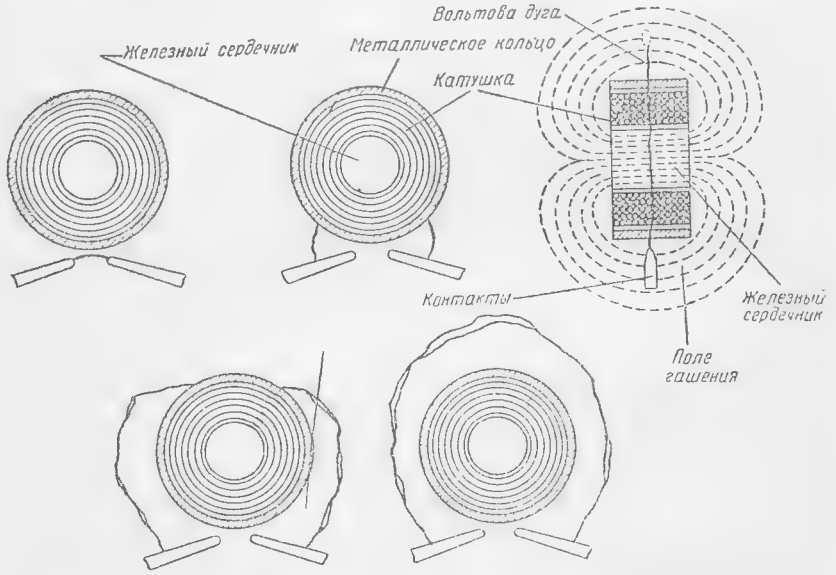
Б л о к и р о в о ч н ы й м е х а н и з м. Блокировочный механизм контроллера размещается в верхней его части на специальных приливах корпуса и частично на главном и реверсивном барабанах. Благодаря наличию этого механизма совершенно исключается возможность производства неправильных включений. Блокировочный механизм представляет собой систему рычагов

и пружин и осуществляет следующие зависимости между главным и реверсивным барабанами:

а) рукоятка главного барабана не может быть сдвинута с положения «стоп», пока рукоятка реверсивного вала не находится на одном из своих ходовых положений, т. е. «вперед» или «назад»;

б) реверсивная рукоятка не может быть повернута, если главная рукоятка не стоит на положении «стоп», и не может быть снята с контроллера в рабочем положении реверсивного барабана («вперед» или «назад»);

в) при установке диска переключающего механизма в положение отключения одного из двигателей реверсивный барабан бло-



Фиг. 50. Процесс гашения дуги в искрогасительной катушке.

кирует главный барабан так, чтобы он не мог быть повернут главной рукояткой дальше последнего ходового положения последовательного включения.

Искрогасительная катушка. Искрогасительная катушка предназначается для быстрейшего гашения дуги, которая образуется между отдельными пальцами и сегментами главного барабана контроллера при разрыве тока.

В конструктивном отношении искрогасительная катушка представляет собой ряд отдельных последовательно соединенных друг с другом секций, намотанных на железный стержень. Каждая такая секция имеет направление витков, противоположное виткам соседней секции, благодаря чему создается магнитный поток (направленный вдоль оси барабана), действующий в месте соответствующих двух соседних пальцев. Снаружи искрогасительная катушка защищена медными кольцами; кроме того, в промежут-

ках между пальцами на искрогасительной катушке насажены толстые перегородки из изоляционного огнеупорного материала в целях устранения влияния дуги на соседние токоведущие части (фиг. 49). Процесс гашения дуги представлен на фиг. 50.

Образовавшаяся при разрыве тока дуга под действием магнитного потока соответствующей секции оттягивается на медное кольцо, затем, разветвляясь на две части, разрывается за кольцом. Весь процесс гашения дуги происходит в течение сотых долей секунды.

Искрогасительная катушка устанавливается в контроллере на двух небольших кронштейнах, благодаря чему она свободно поворачивается на осях, или же при надобности может быть снята. С токоведущими частями контроллера искрогасительная катушка соединена двумя гибкими проводами.

30. Сравнение контроллера типа ДК-4 с другими системами контроллеров и их установка

Существующие барабанные контроллеры отличаются своими конструктивными особенностями. Например, есть контроллеры, у которых тормозной барабан совмещен не с главным барабаном, как это осуществлено у контроллера типа ДК-4, а с реверсивным. К конструкциям такого рода относятся контроллеры ДЭ-21, а также ДТ-41.

Последний тип контроллера, кроме того, отличается от ДК-4 в том отношении, что он предназначен для установки на четырехмоторном вагоне, вследствие чего имеет несколько более сложную схему и большее количество пальцев на контактных стойках.

Установка контроллеров на площадках моторных вагонов осуществляется одинаково для всех типов. Контроллер обязательно должен быть установлен в строго вертикальном положении, что необходимо для избежания одностороннего износа вращающихся частей. Все токоведущие части контроллеров должны быть хорошо изолированы от их корпусов. В особенности это требование определяется сильной стесненностью монтажа проводов внутри контроллеров, а также достаточно высоким рабочим напряжением — 600 в. Поэтому перед установкой на вагонах контроллеров предварительно производят испытание на пробой их изоляции.

Испытание производится в течение одной минуты переменным током нормальной частоты (50 периодов в минуту) напряжением 3350 в. В целях безопасности обслуживания корпус каждого трамвайного контроллера имеет специальное заземление, осуществляемое проводом сечением 16 мм², который присоединяется к установленной на корпусе контроллера заземляющей клемме.

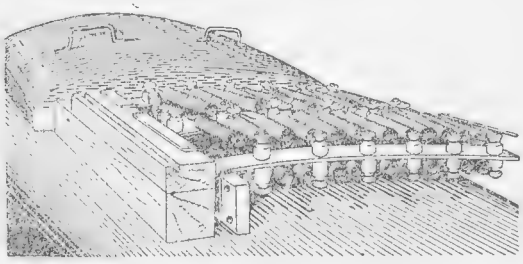
31. Пусковые реостаты и шунтовые сопротивления

Современные пусковые реостаты изготовляются из константановой или фехралевой проволоки диаметром 3 и 3,5 мм в виде ряда соединенных в группы (последовательно и параллельно) отдель-

ных спиралей. Каждая такая спираль состоит из 20—22 витков реостатной проволоки и имеет внутренний диаметр 30 мм.

Монтируются эти спирали на фарфоровых изоляторах (роликах), укрепляемых на специальных рамах из полосового железа. Каждая такая рама образует один ящик с пусковыми сопротивлениями, закрываемый сверху кожухом из листовой гофрированной стали. Комплект пусковых реостатов состоит, в зависимости от типа реостата, из двух или трех таких ящиков.

Устанавливаются ящики на крыше моторного вагона, где для пусковых сопротивлений наиболее подходящие условия для их охлаждения. Так как в эксплоатации вследствие частых пусков тяговых двигателей сопротивления значительно перегреваются, кожухи реостатных ящиков в своей торцевой части имеют ряд вентиляционных отверстий.



Фиг. 51. Ящик пусковых сопротивлений типа СТК со снятым кожухом.

Общий вид смонтированного на крыше моторного вагона ящика пусковых проволочных сопротивлений представлен на фиг. 51.

Из применяемых в настоящее время на моторных вагонах пусковых реостатов наиболее распространенными в СССР являются реостаты типов СТК-75 и СТК-100.

Первые применяются при часовой мощности каждого из установленных на вагоне двигателей, не превышающей 40 квт, а вторые — 55 квт.

Величины сопротивлений отдельных ступеней этих реостатов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Величины сопротивлений ступеней пусковых реостатов типов СТК-75 и СТК-100

№ п/п	Наименование ступеней	Реостат СТК-75		Реостат СТК-100	
		сопротивление ступени в омах	общее сопротивление в омах	сопротивление ступени в омах	общее сопротивление в омах
1	P_1—P_2	2,6	2,6	1,5	1,5
2	P_2—P_3	1,9	4,5	1,17	2,67
3	P_3—P_4	0,5	5,0	0,89	3,56
4	P_4—P_5	0,5	5,5	0,46	4,02
5	P_5—P_6	0,5	6,0	0,28	4,3

Как реостаты типа СТК-75, так и реостаты типа СТК-100, размещаются в двух ящиках и имеют всего 6 выводов. Последние выполняются из круглой медной проволоки диаметром 6 мм и присоединяются к реостату специальными зажимными клеммами.

Изоляция реостатных ящиков испытывается на пробой напряжением переменного тока 3350 в, частотой 50 пер/сек. в течение одной минуты между выводами реостата и рамой ящика.

Шунты, при помощи которых осуществляется ослабление поля двигателей, представляют собой индуктивные сопротивления. Величина сопротивлений шунтов подбирается в соответствии с типом обслуживаемого данными шунтами тягового двигателя.

В конструктивном отношении шунтовые сопротивления представляют собой заключенные в чугунный корпус катушки из медной изолированной проволоки.

Корпуса шунтов, как правило, заземляются, вследствие чего катушки шунтов, а также их выводы, должны быть хорошо изолированы от корпуса. Поэтому перед включением в эксплоатацию изоляция шунтов испытывается в течение одной минуты на пробой напряжением переменного тока, равным 3350 в при частоте 50 пер./сек.

Размещаются шунтовые сопротивления внутри моторного вагона под сиденьями.

32. Электрическая схема контроллера типа ДК-4 и схемы соединений тяговых двигателей для двухмоторных трамвайных вагонов

Схема контроллера типа ДК-4 предусматривает осуществление нижеследующего:

1. Последовательно-параллельного включения тяговых двигателей со ступенчатым выведением сопротивления пускового реостата и с переходом от последовательного к параллельному соединению двигателей по способу короткого замыкания одного двигателя.

2. Отключения неисправного двигателя и движения на оставшемся исправном двигателе.

3. Реверсирования (изменения направления вращения двигателей) как при движении на двух, так и на одном двигателе, путем изменения направления тока в якоре.

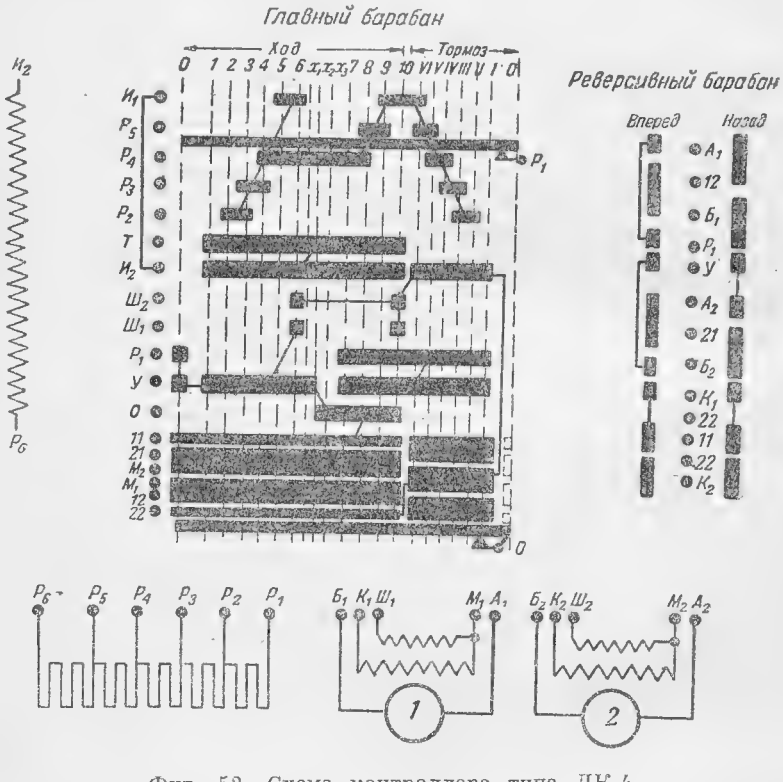
4. Увеличения скорости шунтировкой поля двигателей как при последовательном, так и при параллельном соединении их непосредственно после ходовых положений, т. е. на положениях 6 и 10.

5. Экстренного электродинамического торможения на шести положениях с поглощением энергии в сопротивлении пускового реостата при перекрестном возбуждении двигателей, работающих генераторами.

6. Торможения током короткого замыкания одного двигателя на положении «стоп» для предупреждения отката вагона назад.

На схеме контроллера ДК-4 (фиг. 52) изображены отдельно в развернутом виде главный и реверсивный барабаны. Черными кружками обозначены пальцы контроллера, буквы и цифры, которые стоят около пальцев, указывают, какие провода подводятся к пальцам. Черными полосками обозначены сегменты контроллера; линии, соединяющие на схеме отдельные полоски, обозначают электрическое соединение соответствующих сегментов.

Вертикальные пунктирные линии обозначают ходовые и тормозные положения контроллера. Чтобы проследить по схеме со-



Фиг. 52. Схема контроллера типа ДК-4.

единения на каком-либо из положений, необходимо представить себе наложенными пальцы контроллера на одну из вертикальных линий и посмотреть, какие электрические соединения будут при этом осуществлены.

На схеме приняты следующие условные обозначения:

$Р_1$—$Р_2$—$Р_3$—$Р_4$—$Р_5$—$Р_6$—отводы от пускового реостата.

$А_1$—$Б_1$ и $А_2$—$Б_2$ —концы, идущие от щеток двигателей.

$М_1$—$К_1$ и $М_2$—$К_2$ — концы, идущие от обмоток возбуждения двигателей.

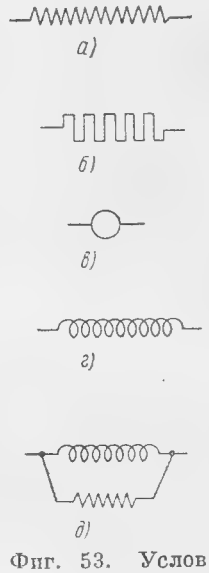
$Ш_1$—$Ш_2$ — концы, идущие от шунтовых сопротивлений двигателей.

$И_2$—$Р_6$— обозначена искрогасительная катушка контроллера.

Т— палец контроллера, к которому подводится напряжение от контактной сети.

О — пальцы контроллера, соединяемые с заземляющим проводом.

На фиг. 53 приведены следующие условные обозначения: искрогасительная катушка — *а*; пусковой реостат — *б*; якорь двигателя —*в*; обмотка возбуждения двигателя —*г*; обмотка возбуждения двигателя, зашунтированная шунтовым сопротивлением, — *д*.



Фиг. 53. Условные обозначения на схемах.

Остальными буквами и цифрами обозначены пальцы контроллера. Одинаковые буквы и цифры, стоящие одновременно у одного из пальцев главного барабана и реверсивного барабана, указывают, что эти пальцы имеют между собой электрическое соединение.

При движении вперед пальцы реверсивного барабана контроллера следует мысленно накладывать на сегменты, указанные на схеме слева (с надписью «вперед»), а пальцы главного барабана поочередно накладывать на пунктиры, соответствующие разным ходовым положениям. При этом будут осуществляться следующие основные схемы соединений:

Последовательное соединение двигателей — фиг. 54.

Переходные положения с последовательного на параллельное соединение двигателей — фиг. 55.

Параллельное соединение двигателей — фиг. 56.

Электрический тормоз — фиг. 57.

Схема самоторможения при откатке вагона назад при положении главной рукоятки контроллера на «стоп», а реверсивной рукоятки на положении «вперед» — фиг. 58.

Движение назад — фиг. 59.

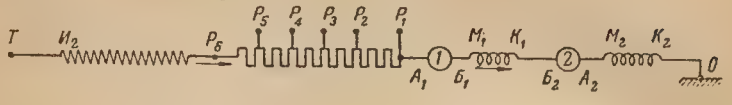
Езда на одном двигателе при отключенном втором двигателе— фиг. 60.

Схемы дальнейших ходовых положений при движении назад будут такие же, как и рассмотренные выше схемы. Разница будет заключаться в том, что при движении назад при всех положениях контроллера будет изменено на обратное направление тока в якоре.

При езде на одном двигателе (в случае отключения одного неисправного) при следующих за первым ходовых положениях будет осуществляться выведение из цепи двигателя пускового реостата.

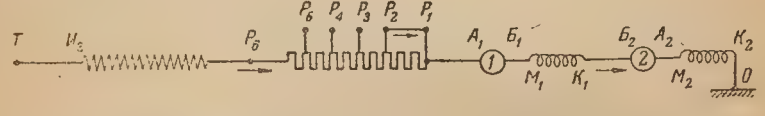
Вперед, положение 1

$$Т - И_2 - Р_6 - Р_1 - А_1 - Б_1 - 12 - М_1 - К_1 - 11 - у -$$
$$- Б_2 - А_2 - 21 - М_2 - К_2 - 22 = 0$$



Вперед, положение 2

$$Т - И_2 - Р_6 - Р_{2+1} - А_1 - Б_1 - 12 - М_1 - К_1 - 11 - у$$
$$- Б_2 - А_2 - 21 - М_2 - К_2 - 22 - 0$$

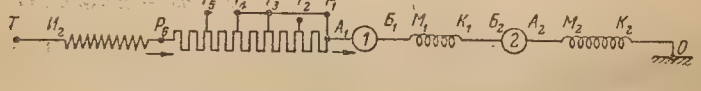


Вперед, положение 3

$$Т - И_2 - Р_6 - Р_{3+1} - А_1 - Б_1 - 12 - М_1 - К_1 - 11 - у$$
$$Б_2 - А_2 - 21 - М_2 - К_2 - 22 - 0$$

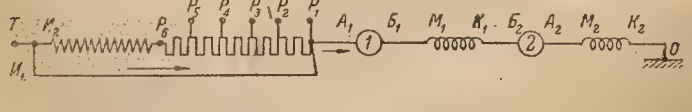
Вперед, положение 4

$$Т - И_2 - Р_6 - Р_{4+1} - А_1 - Б_1 - 12 - М_1 - К_1 - 11 - у - Б_2 - А_2 - 21 - М_2 -$$
$$- К_2 - 22 - 0$$



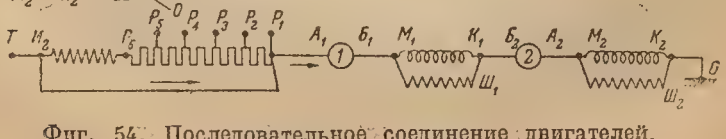
Вперед, положение 5

$$Т - И_2 - И_1 - Р_1 - А_1 - Б_1 - 12 - М_1 - К_1 - 11 - у - Б_2 - А_2 - 21 -$$
$$- М_2 - К_2 - 22 - 0$$



Вперед, положение 6

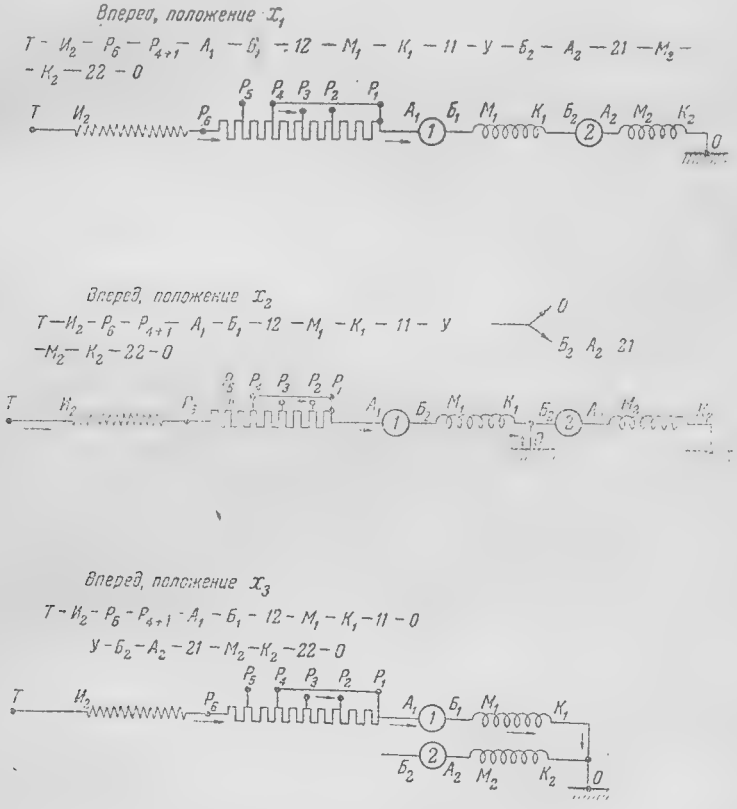
$$Т - И_2 - И_1 - Р_1 - А_1 - Б_1 - 12 - М_1 - К_1 - 11 - у \begin{cases} Ш_1 \\ Б_2 - А_2 - 21 - \end{cases}$$
$$- М_2 - К_2 - 22 \begin{cases} Ш_2 \\ 0 \end{cases}$$



Фиг. 54. Последовательное соединение двигателей.

Конечным ездовым положением в данном случае будет пятое положение контроллера, при котором рабочий двигатель будет включен на половинное напряжение сети.

Схемы соединения тяговых двигателей на четырехмоторных трамвайных вагонах аналогичны схемам, применяемым на двухмоторных вагонах. Основная разница заключается в том, что на четырехмоторных вагонах двигатели объединяются попарно в постоянные группы. Последние, в зависимости от ходового положе-



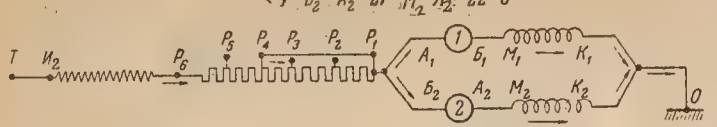
Фиг. 55. Переходные положения с последовательного на параллельное соединение двигателей.

ния главной рукоятки контроллера, соединяются друг с другом последовательно или параллельно. Обычно группы составляются двигателями, установленными на одной и той же тележке вагона, т. е. первый двигатель объединяется со вторым, с которым он имеет постоянное параллельное соединение, и третий — соответственно с четвертым.

В § 33 приведены основные схемы соединений тяговых двигателей для четырехмоторных трамвайных вагонов.

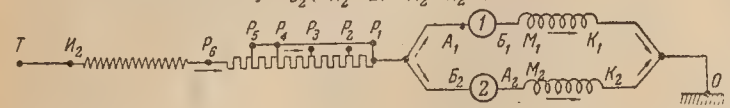
Вперед, положение 7

$Т - И_2 - Р_6 - Р_{4+1}$ → $А_1 - Б_1 - 12 - М_1 - К_1 - 11 - 0$; $У - Б_2 - А_2 - 21 - М_2 - К_2 - 22 - 0$



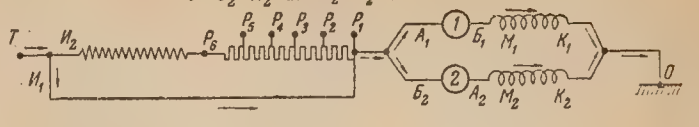
Вперед, положение 8

$Т - И_2 - Р_6 - Р_{5+1}$ → $А_1 - Б_1 - 12 - М_1 - К_1 - 11 - 0$; $У - Б_2 - А_2 - 21 - М_2 - К_2 - 22 - 0$



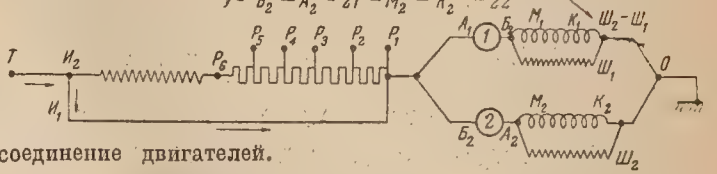
Вперед, положение 9

$Т - И_2 - И_1 - Р_1$ → $А_1 - Б_1 - 12 - М_1 - К_1 - 11 - 0$; $У - Б_2 - А_2 - 21 - М_2 - К_2 - 22 - 0$



Вперед, положение 10

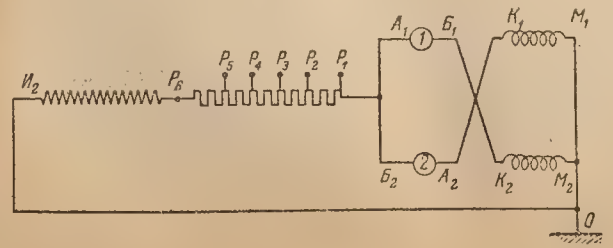
$Т - И_2 - И - Р_1$ → $А_1 - Б_1 - 12 - М_1 - К_1 - 11 - 0$; $У - Б_2 - А_2 - 21 - М_2 - К_2 - 22$ → 0



Фиг. 56. Параллельное соединение двигателей.

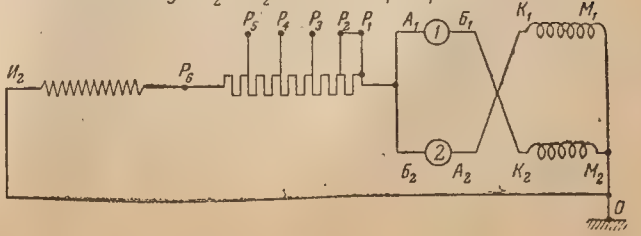
Положение I

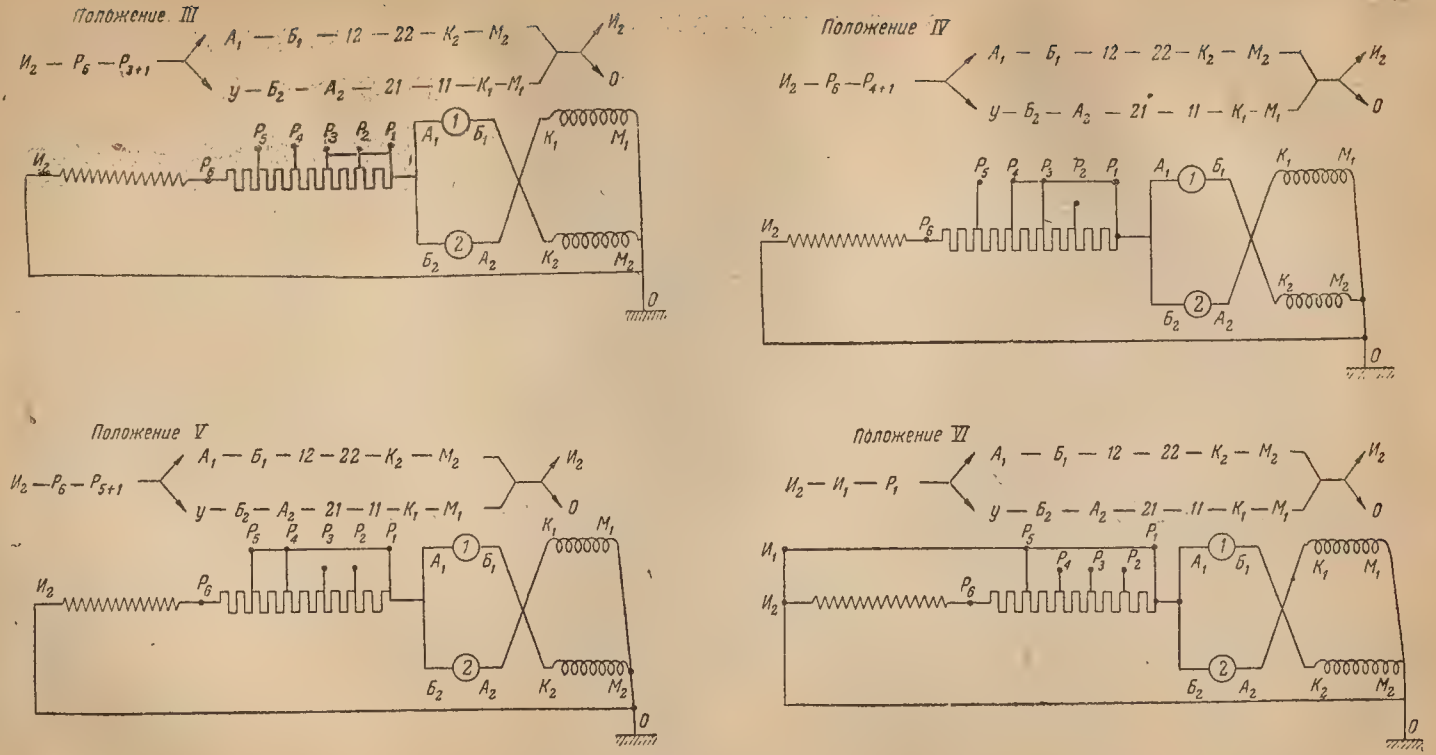
$И_2 - Р_6 - Р_1$ → $А_1 - Б_1 - 12 - 22 - К_2 - М_2$; $У - Б_2 - А_2 - 21 - 11 - К_1 - М_1$ → $И_2$ / 0



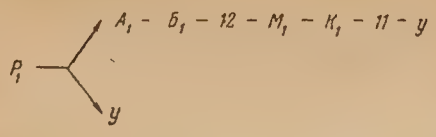
Положение II

$И_2 - Р_6 - Р_{2+1}$ → $А_1 - Б_1 - 12 - 22 - К_2 - М_2$; $У - Б_2 - А_2 - 21 - 11 - К_1 - М_1$ → $И_2$ / 0

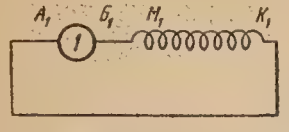




Фиг. 57. Электрический тормоз.

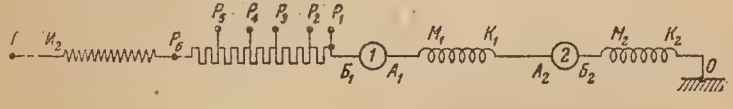


Фиг. 58. Схема торможения при откатке вагона назад при положении главной рукоятки контроллера на «стоп», а реверсивной рукоятки на положении «вперед».



Первое положение

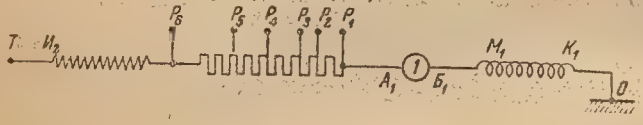
$Т – И_2 – Р_6 – Р_1 – Б_1 – А_1 – 12 – М_1 – К_1 – 11 – у – А_2 –$
$Б_2 – 21 – М_2 – К_2 – 22 – 0$



Фиг. 59. Движение назад.

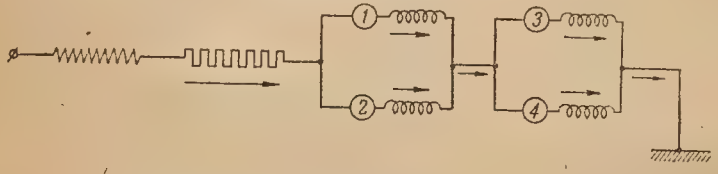
Вперед, положение 1

$Т – И_2 – Р_6 – Р_1 – А_1 – Б_1 – 12 – М_1 – К_1 – 11 – 22 – 0$

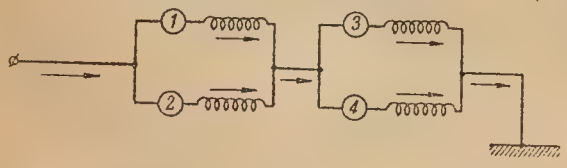


Фиг. 60. Езда на одном двигателе при отключенном втором двигателе.

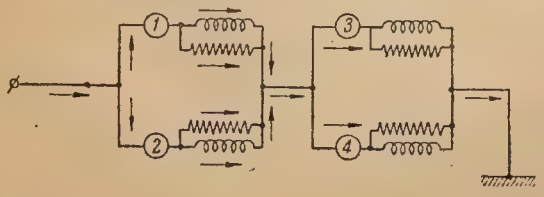
Последовательное соединение групп двигателей с введенным пусковым реостатом



То же с выведенным пусковым реостатом



То же при шунтировке поля



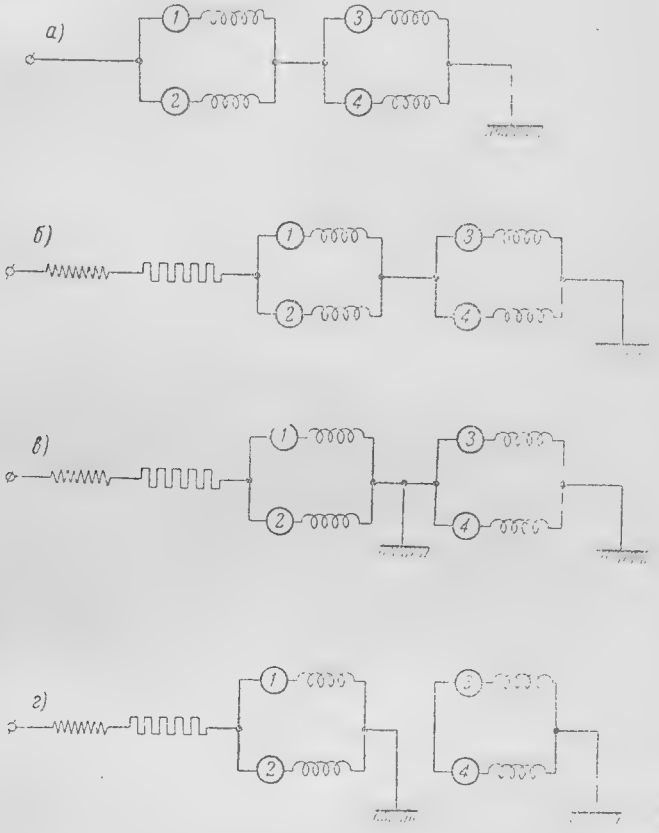
Фиг. 61. Последовательное соединение двигателей.

33. Схемы соединений тяговых двигателей для четырехмоторных трамвайных вагонов

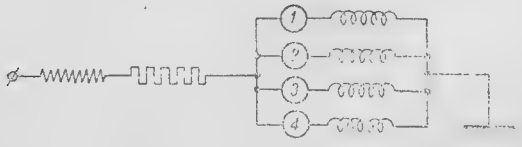
Последовательное соединение двигателей — фиг. 61.

Переход с последовательного соединения групп двигателей на параллельное соединение — фиг. 62-*а*, *б*, *в*, *г*.

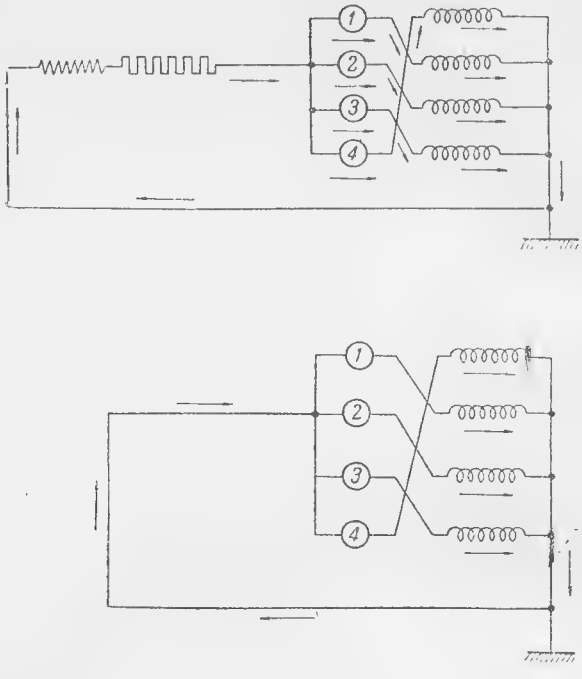
Параллельное соединение групп двигателей с введенным пусковым реостатом — фиг. 63.



Фиг. 62. Переход с последовательного соединения групп двигателей на параллельное соединение.



Фиг. 63. Параллельное соединение групп двигателей с введенными пусковыми сопротивлениями.



Фиг. 64. Схемы соединения двигателей при электрическом торможении (циклические схемы).

Схемы соединения двигателей при электрическом торможении (циклические схемы) — фиг. 64.

34. Электрическое реостатное торможение

Приведенные выше схемы электрического торможения для двухмоторных и четырехмоторных трамвайных вагонов предусматривают использование для тормозного эффекта силы инерции движущегося поезда. Тяговые двигатели при этом переключаются так, что последние начинают работать генераторами, которые обычно нагружаются на сопротивление пускового реостата.

Таким образом, электрическая энергия, вырабатываемая этими генераторами, идет на нагревание пусковых сопротивлений и, следовательно, в конечном итоге при электрическом реостатном торможении происходит преобразование механической энергии в тепловую.

Для того чтобы заставить тяговые двигатели работать генераторами, необходимо, чтобы самовозбуждение каждой машины, обусловленное ее остаточным магнетизмом, усиливалось. Для этой цели необходимо обязательно переключить концы обмотки якоря или обмотки возбуждения, так как при переходе тягового

двигателя на генераторный режим направление тока в его якоре меняется на обратное.

В контроллерах трамвайного типа в равной степени применяется как переключение обмоток возбуждения двигателей, так и переключение их якорей.

Самой простой схемой соединения сериесных двигателей двухосного вагона при реостатном торможении было бы параллельное соединение двух двигателей с нагрузкой на общий реостат. Но параллельная работа двух двигателей как генераторов при таком способе их соединения будет неустойчива, так как трудно достичь совершенно одинаковых э. д. с. обоих двигателей. Вследствие неравенства диаметров бандажей обеих колесных пар или некоторой разницы в характеристиках двигателей всегда возможны добавочные уравнительные токи, которые будут разгружать одну машину и перегружать другую, что может привести к перемагничиванию одной из машин и короткому замыканию обоих генераторов друг на друга.

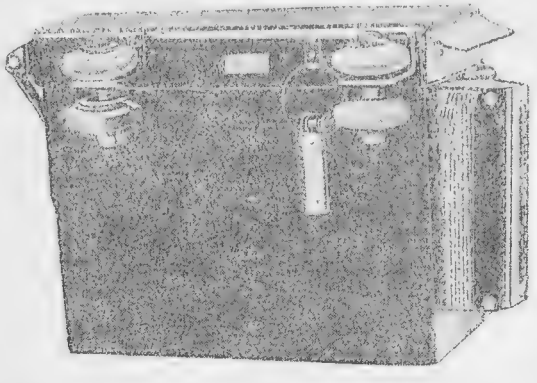
Более устойчивая работа двигателей при электрическом торможении достигается при перекрестном их соединении, когда возбуждение одного двигателя происходит от тока якоря другого двигателя.

При четырехмоторных вагонах эта схема несколько видоизменяется вследствие большого количества объединенных ею машин и носит название циклической схемы. Как схема с перекрестным возбуждением, так и циклическая схема обеспечивают достаточно устойчивую для практических целей параллельную работу машин. К недостаткам этих схем следует отнести то, что при обрыве цепи какой-либо одной машины электрический тормоз уже не будет работать, поскольку ни одна машина не сможет возбуждаться. Этим свойством перекрестного возбуждения пользуются на практике для проверки исправного состояния тяговых двигателей. Для этой цели вагон сначала разгоняют, а затем применяют электрический тормоз. Если последний сработает хорошо, то это свидетельствует о том, что все тяговые двигатели и их электрические цепи исправны. В особенности полезно такую проверку производить после выхода трамвайных вагонов из ремонта для проверки не столько исправного состояния самих двигателей, как главным образом правильности их включения в электрическую схему.

35. Линейный контактор

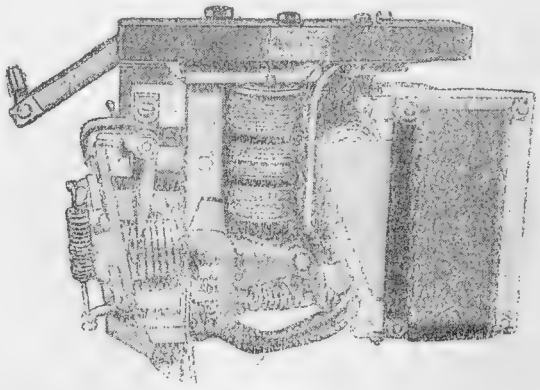
Линейный контактор в основном предназначен для того, чтобы замыкать и размыкать силовую цепь при нормальном управлении вагоном и тем самым исключать возможность разрыва мощности контроллером, чем значительно удлиняется срок службы контактных пальцев и сегментов контроллера. Кроме того, линейный контактор, благодаря наличию в нем катушки перегрузки с соответствующим механизмом (реле перегрузки), служит в качестве автоматического выключателя.

Поэтому при наличии линейного контактора на моторном вагоне, как правило, не устанавливается плавкий предохранитель, так как двойная защита силовой цепи сохраняется и без него. Кроме того, из схемы обычно выбрасывается также и рубильник, который, хотя и создает известные удобства в эксплоатации, но тем не менее не является необходимым аппаратом. Линейный контактор располагается под вагоном в плотно закрываемом металлическом кожухе (фиг. 65). Поскольку кожух имеет небольшие габаритные размеры, контактор можно всегда установить на весьма ограниченном пространстве, даже под вагоном с минимальным диаметром колеса.



Фиг. 65. Общий вид линейного контактора с кожухом.

Силовая часть контактора состоит из одного неподвижного контакта, к которому присоединена искрогасительная катушка, и одного подвижного контакта, приводимого в действие электромагнитом. Выключение контактора происходит под действием силы тяжести, т. е. собственного веса якоря подвижного контакта при размыкании цепи подъемной катушки.



Фиг. 66. Общий вид линейного контактора при снятом кожухе.

Линейные контакторы снабжаются асбест-цементными искрогасительными камерами, имеющими внутри перегородки; последние способствуют лучшему охлаждению дуги и, следовательно, быстрейшему ее разрыву.

На каждой камере укрепляются полюсы, которые способствуют быстрому искрогашению.

Камеры легко снимаются, и тогда контакты становятся хорошо доступными для их осмотра и замены. Подвижной контакт всегда

имеет гибкое соединение со своим кабельным наконечником, осуществляемое куском многожильного медного провода. Общий вид линейного контактора при снятом кожухе представлен на фиг. 66.

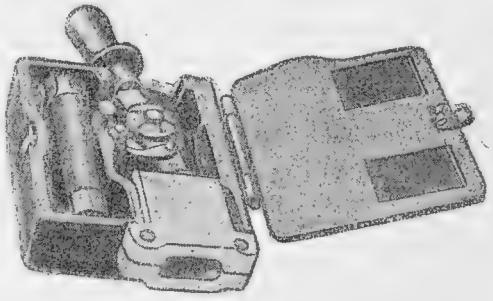
В правой части контактора находится искрогасительная камера, которая хорошо видна на фиг. 66.

Для осуществления системы управления поездом с линейным контактором необходимы следующие аппараты и оборудование.

1. Выключатель цепи управления типа ВУ (один комплект на каждый контроллер).

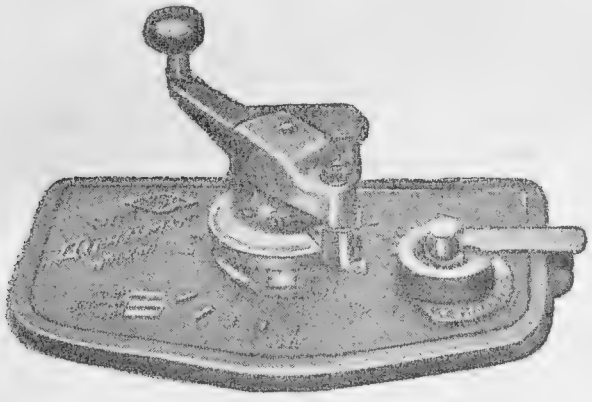
2. Специальная рукоятка управления типа РК-751, устанавливаемая на контроллере.

3. Добавочный контакт заземления на первой позиции главного барабана контроллера.



Фиг. 67. Выключатель управления — ВУ.

Выключатель ВУ представляет собой рубильник с магнитным искрогашением, предназначенный, с одной стороны, для включения и выключения цепи управления, с другой стороны, он осуществляет также и электрическую защиту последней, так как имеет плавкий предохранитель. Общий вид выключателя ВУ представлен на фиг. 67.



Фиг. 68. Рукоятка управления РК-751.

Рукоятка РК-751 (фиг. 68) предназначена для управления контроллером и линейным контактором, что осуществляется при помощи специальных контактов, предусмотренных внутри рукоятки и включенных в цепь включений катушки линейного контактора.

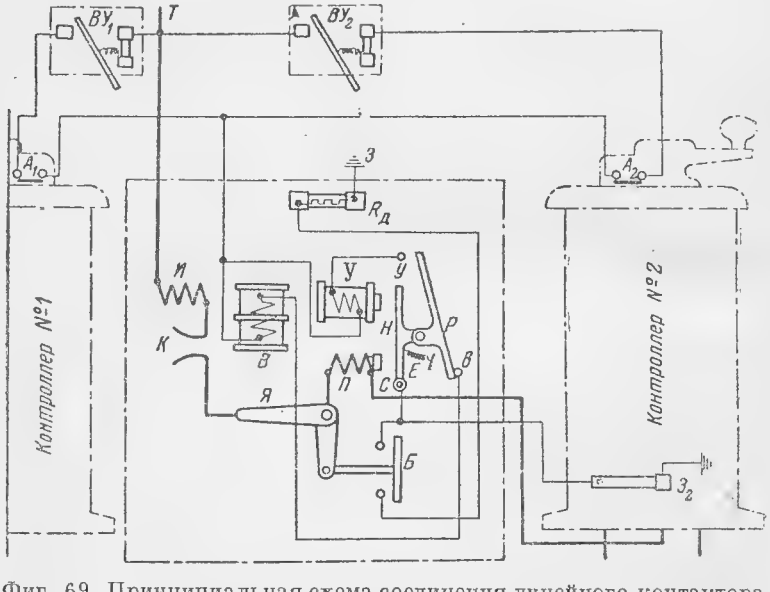
Таким образом, включение или выключение линейного контактора можно произвести замыканием или размыканием контактов рукоятки управления. И то, и другое происходит при переводе рукоятки управления, которая имеет относительно главного барабана контроллера свободный ход, равный 14°.

Таким образом, при переводе рукоятки управления вначале всегда замыкаются или размыкаются ее контакты, а затем уже приходит во вращение и главный барабан контроллера, благодаря чему включение и выключение контактора всегда происходят с некоторым опережением.

Для уяснения принципа работы линейного контактора, а также взаимодействия его с другими установленными на вагоне аппаратами, необходимо разобрать его принципиальную схему (фиг. 69), на которой приняты следующие буквенные обозначения:

И—искрогасительная катушка.

К—контакты силовой цепи контактора.



Фиг. 69. Принципиальная схема соединения линейного контактора с контроллерами.

П—сериесная катушка реле перегрузки.

У—шунтовая (удерживающая) катушка реле перегрузки.

В—включающая (подъемная) катушка, действующая на якорь *Я*, при притяжении которого к катушке *В* замыкается связанный с ним механически контакт *К* силовой цепи, а также замыкаются блокконтакты *Б*.

Н—якорь реле перегрузки, вращающийся в точке *С*, оттягиваемый пружиной *Е* и связанный электрически и механически (шарнирно) с рычагом *Р*.

Р—рычаг, касающийся нормально контакта *в*, а в момент притяжения якоря *Н* катушкой *П*, а затем катушкой *У*—контакта *у*, причем рычаг *Р* во время хода якоря *Н* на мгновение замыкает оба контакта *в* и *у*, после чего контакт *в* размыкается.

$Е$—оттягивающая пружина, приводящая якорь $Н$ в нормальное положение.

$ВУ_1$ и $ВУ_2$—выключатели цепи управления.

$Б$—блокировочный контакт.

$у$—контакт удерживающей катушки.

$в$—контакт подъемной катушки.

$Я$—якорь подъемной катушки.

$R_д$—добавочное сопротивление.

$А_1$ и $А_2$—контакты в рукоятках управления контроллеров.

$З_1$ и $З_2$—заземляющие сегменты контроллеров.

$Т$—провод, идущий от токоприемника.

$З$—заземляющий провод.

В зависимости от того, каким контроллером решено производить управление вагоном, предварительно необходимо обязательно включить соответствующий выключатель цепи управления $ВУ_1$ или $ВУ_2$. Предположим, что в рассматриваемом случае рабочим аппаратом будет являться контроллер № 2, тогда при включенном выключателе цепей управления $ВУ_2$ контакт рукоятки управления $А_2$ окажется под напряжением, но пока будет разомкнут.

Замыкание этого контакта произойдет при поворачивании рукоятки управления в сторону первого положения контроллера на величину свободного хода рукоятки. При переводе последней в первое положение вспомогательная цепь контактора заземляется сегментом $З_2$ главного барабана контроллера.

Таким образом, первому положению контроллера будет соответствовать замкнутая вспомогательная цепь:

$$Т—ВУ_2—А_2—В—в—Р—Н—С—З_2.$$

Подъемная катушка $В$ при этом притягивает якорь $Я$, контакты контроллера $К$ замкнутся и по силовой цепи $Т—И—К—Я—П$ и далее в контроллер потечет ток.

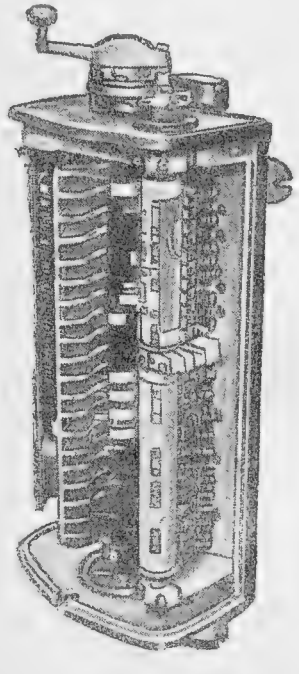
Одновременно с замыканием контактов силовой цепи $К$ замыкаются также и блокировочные контакты $Б$, тем самым к точке $С$ подключается добавочное сопротивление $R_д$. Последнее размещено внутри кожуха контактора и присоединено вторым своим концом к заземляющему проводу $З$. Из схемы видно, что это сопротивление закорочено при первом положении контроллера заземляющим сегментом $З_2$.

При переводе рукоятки управления далее на второе положение заземленный сегмент $З_2$ отсоединяется от пальца вспомогательной цепи; заземление же последней осуществляется через добавочное сопротивление $R_д$, уменьшающее почти вдвое служебный ток управления по сравнению с первым положением. Путь тока при этом будет следующий:

$$Т—ВУ_2—А_2—В—в—Р—Н—С—Б—R_д—З_2.$$

Сопротивление включается потому, что в начальный момент включения контактора (когда контакты $К$ еще разомкнуты)

сопротивление магнитной цепи наибольшее и на его преодоление требуются добавочные ампервитки для усиления магнитного потока подъемной катушки. Необходимость в этом совершенно отпадает одновременно с притягиванием якоря *Я* и, следовательно, включением контактора, так как на поддержание подвижного контакта во включенном положении требуется значительно меньшее усилие, чем на то, чтобы поднять его подъемной катушкой.



Фиг. 70. Внутренний вид контроллера для управления поездом при помощи линейного контактора.

Поэтому добавочное сопротивление $R_д$ остается также включенным во вспомогательную цепь контактора и при всех дальнейших ходовых позициях контроллера.

По схеме не трудно проследить, что вспомогательная и силовая цепи контактора при этом будут точно такие же, как и при втором положении контроллера, и при дальнейшем переводе рукоятки управления в направлении хода линейный контактор будет просто поддерживаться во включенном положении. Выключение силовой цепи можно будет произвести обратным поворотом рукоятки управления, причем в начальный момент при повороте рукоятки на величину свободного хода произойдет размыкание контакта A_2 и, следовательно, выключение контактора.

При дальнейшем обратном переводе рукоятки начнет вращаться и главный барабан контроллера, но уже без тока, так как цепь разомкнута линейным контактором.

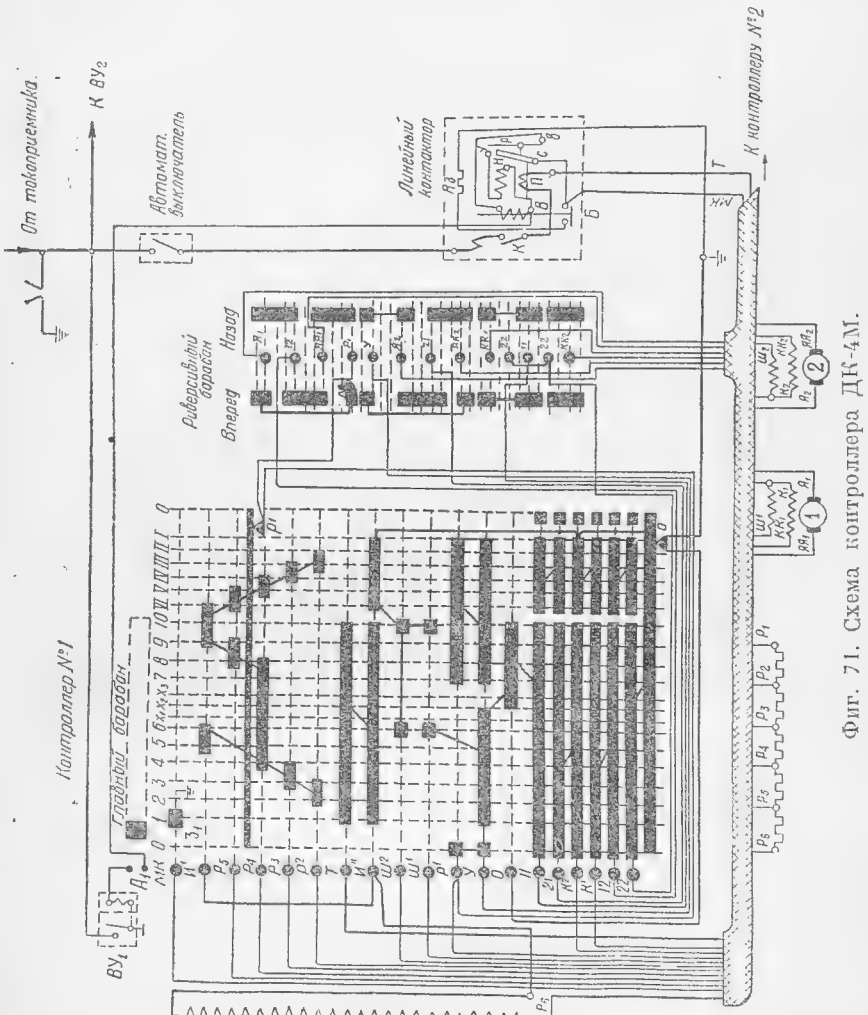
Так как контроллер с линейным контактором отличается от обычных барабанных контроллеров лишь установкой специальной рукоятки управления, а также добавлением одного пальца и заземленного сегмента на главном барабане, то для управления трамвайным поездом при помощи линейного контактора может быть применен любой барабанный контроллер с небольшими конструктивными изменениями (фиг. 70).

36. Схема контроллера типа ДК-4М

Приводимая на фиг. 71 схема контроллера типа ДК-4М дает возможность установить взаимодействие между работой линейного контактора и работой контроллера при различных ходовых положениях последнего.

При перегрузках или коротком замыкании в силовой цепи линейный контактор, как упоминалось выше, выполняет функции автоматического выключателя, причем порядок его работы при этом будет следующий.

При перегрузке силовой цепи катушка *П* притягивает якорь *Н*, который увлекает за собой связанный с ним механически и элек-



Фиг. 71. Схема контроллера ДК-4М.

трически контактный рычаг *Р*. Последний своим нижним концом разрывает контакт с клеммой *в* вспомогательной цепи и дает контакт верхним своим концом с клеммой *у*. Благодаря этому цепь подъемной катушки *В* размыкается, а шунтовая катушка *У*, наоборот, оказывается включенной и во время разрыва главных

контактов $К$ удерживает якорь перегрузки $Н$ в притянутом положении.

Одновременно специальный упор, механически связанный с якорем перегрузки, нажимает на якорь $Я$, и последний этим упором будет отводиться и удерживаться в нижнем положении, в котором силовые контакты $К$ разомкнуты. Этот упор, механически действующий на якорь $Я$, и служит блокировкой на тот случай, чтобы при разомкнутой цепи подъемной катушки $В$ якорь $Я$ все же не мог остаться замкнутым, например, вследствие прилипания, заедания и других неисправностей.

При выключении линейного контактора от максимальных токов цепь шунтовой катушки $У$ будет следующая:

$$Т—ВУ_2—А_2—У—у—Н—С—Б—R_д—Земля.$$

С разрывом силовой цепи магнитная связь катушки $П$ с якорем перегрузки $Н$ пропадает, и размыкается цепь шунтовой катушки $У$ в пункте $Б$, вследствие чего якорь $Н$ под действием пружины $Е$ возвращается в свое нормальное исходное положение.

Для того чтобы произвести повторное включение линейного контактора после его отключения при перегрузке, необходимо отвести рукоятку управления назад в положение «стоп» и затем снова перевести ее на соответствующее ходовое положение.

На этой схеме, в отличие от принятых ранее условных обозначений, концы якорных обмоток двигателей обозначены буквами — $Я_1—ЯЯ_1—Я_2—ЯЯ_2$ и концы обмоток возбуждения соответственно — $К_1—КК_1—К_2—КК_2$.

Все остальные буквенные и цифровые обозначения сохранены прежние, примененные на схеме контроллера типа ДК-4 и схеме линейного контактора.

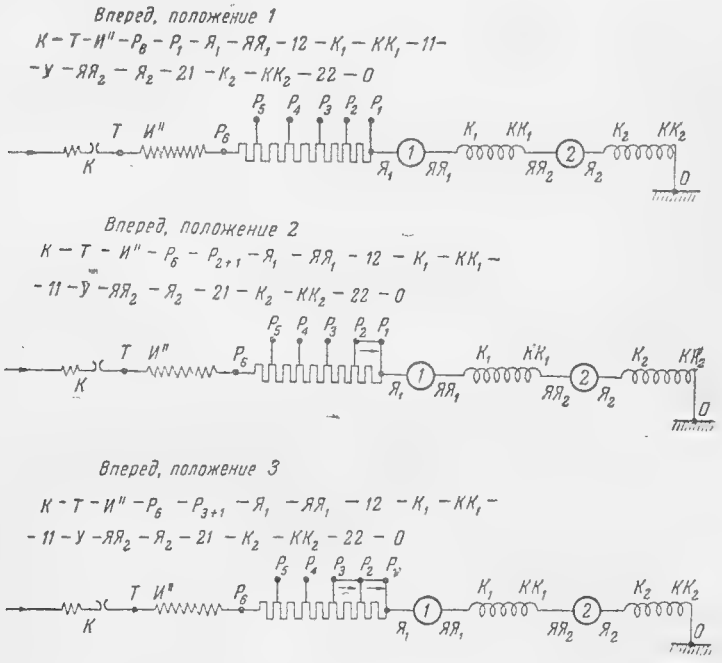
На развернутой схеме главного барабана контроллера типа ДК-4М хорошо видно, что силовая схема вагона оказывается подготовленной для включения одновременно с постановкой рукоятки управления контроллера в первое ходовое положение.

Если бы палец $Т$ главного барабана был в этот момент под напряжением, произошло бы включение электрического тока, и работа контроллера протекала бы нормальным порядком.

Так как в данном случае напряжение к пальцу $Т$ подводится через линейный контактор, то, следовательно, включение электрического тока может быть произведено лишь при условии включения силовых контактов. В момент постановки рукоятки управления на первое положение контроллера, вследствие замыкания контакта $З_1$, оказывается включенной полностью вспомогательная цепь контактора. Совершенно очевидно, что для включения последнего потребуется некоторое время, и, таким образом, его силовые контакты будут включаться всегда несколько позднее момента перевода рукоятки управления. Благодаря этому включение электрического тока не сможет никак произойти непосредственно в самом контроллере и будет всегда осуществляться линейным контактором. Ниже приведены схемы силовой цепи вагона

для отдельных ходовых положений контроллера типа ДК-4М (фиг. 72).

Схемы соединений для дальнейших ходовых положений контроллера нет никакой необходимости приводить, так как они подобны только что рассмотренным трем схемам (фиг. 72) и будут совершенно точно совпадать со схемами аналогичных положений контроллера типа ДК-4.

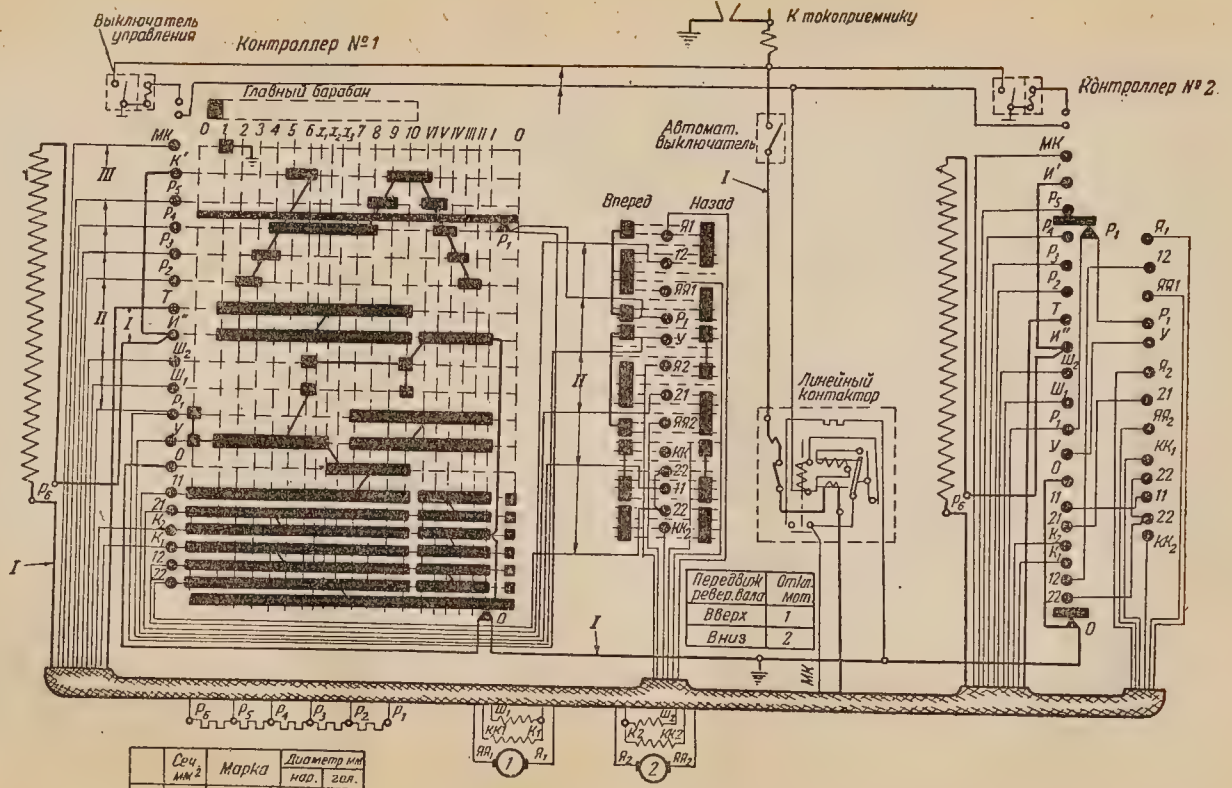


Фиг. 72. Схемы силовой цепи вагона для отдельных ходовых положений контроллера ДК-4М.

На фиг. 73 и 74 приводятся принципиальные схемы электрических соединений с линейным контактором двухмоторного вагона с контроллером ДК-4М и четырехмоторного вагона с контроллером ДТ-42 при моторах ДТИ-60.

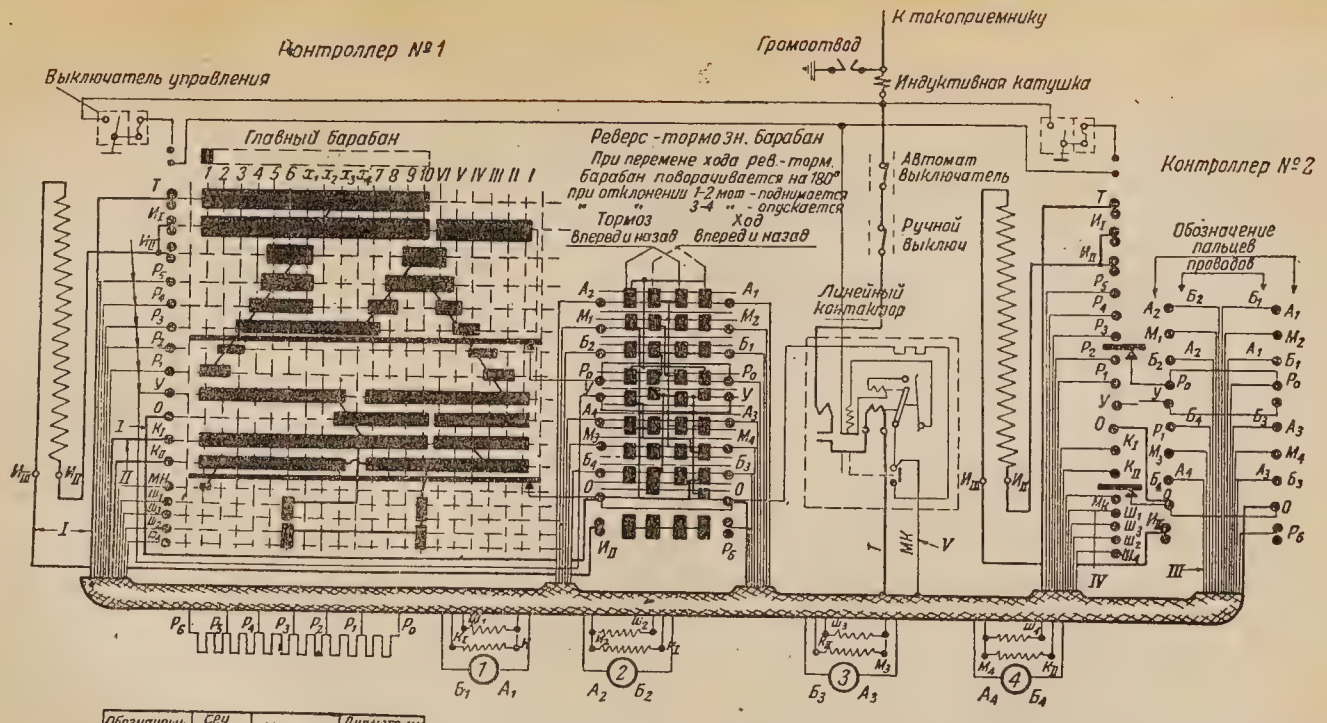
37. Основные неисправности барабанных контроллеров

При эксплоатации трамвайных контроллеров барабанного типа в основном приходится иметь дело, так же как в тяговых двигателях, с повреждениями электрического и механического характера. Первая категория повреждений случается в контроллерах наиболее часто вследствие большого количества включений и выключений. Вспышки в контроллере являются основной причиной возникновения на токоведущих частях его прогорания изоляции и оплавления меди на сегментах и сухарях пальцев.



	Сеч. мм²	Марка	Диаметр мм: нов.	Диаметр мм: сост.
I	35	ПС-1000	13,4	7,55
II	25	"	11,7	6,4
III	2,5	"	5,5	2,0

Фиг. 73. Схема соединения электрооборудования двухмоторного вагона с контроллером ДК-4М и линейным контактором МК-758 при моторе ДТИ-60.



Обозначение		Сеч. кабеля мм²	Марка	Диаметр мм нар.	Диаметр мм гол.
——	I	80	ПС-1000	19,1	12
——	II	50	"	15,6	9,15
——	III	25	"	11,7	6,4
——	IV	16	"	10,1	5,15
——	V	2,5	"	5,5	2,0

Фиг. 74. Схема соединения электрооборудования четырехмоторного вагона с контроллером ДТ-42, линейным контактором МК-758 при двигателях ДТИ-60.

Применение в силовой цепи вагона линейного контактора, как упоминалось выше, устраняет производство включений и выключений электрического тока в контроллере и, следовательно, сокращает количество повреждений электрического характера, тем более что контактор, кроме своих непосредственных функций, осуществляет также и защиту силовой цепи от перегрузок и короткого замыкания. Наиболее распространенными в эксплоатационных условиях необходимо считать следующие основные электрические неисправности контроллеров.

1. Прогорание изоляции и оплавление медных колец искрогасительной катушки.

2. То же на контактных устройствах контроллера (пальцы, сухари, сегменты и т. д.).

3. Образование копоти на асбесто-цементных перегородках искрогасительной катушки.

4. Образование копоти на сегментах и прочих токоведущих частях.

5. Перебросы дуги с токоведущих частей контроллера на его корпус.

6. Отгорание проводов и повреждение их изоляции.

7. Пробои и обгорание изоляции контактных стоек и барабанов контроллера.

Все эти основные повреждения определяются обычно простым осмотром внутреннего устройства контроллера. Некоторое исключение представляют лишь случаи пробоев изоляции стоек и барабанов. Вследствие того, что их образование возможно в мало доступном для осмотра месте, например, под приливами сегментов на валу главного барабана и т. д., то для определения повреждений этого рода приходится прибегать уже к помощи приборов, например, испытателя изоляции — меггера, стрелка которого в случае повреждения изоляции должна будет показать нуль или близкую к нему величину.

При наличии прогорания проводов в контроллере необходимо произвести замену всех негодных для дальнейшей работы проводов и тщательно восстановить изоляцию других проводов.

При восстанавливании изоляции контактных стоек и осей барабанов сначала нужно удалить старую поврежденную изоляцию, а затем нанести слой новой изоляции, состоящей из миканита, резины и специальной прорезиненной ленты, которая прокрашивается сверху ровным слоем электроэмали. Последней окрашивается также и ряд других мест контроллера (конечно, за исключением его токонесущих частей) после тщательной их очистки от грязи и образовавшейся копоти.

Когда изоляция в контроллере восстановлена, величина ее сопротивления замеряется при помощи того же меггера.

Если повреждения достигают значительной величины, необходимо произвести замену отдельных повреждений деталей контроллера, например, сегмента или его наконечника, контактного пальца, сухаря и т. д. При этом особое внимание необходимо уде-

лять правильной установке заменяемых деталей на их местах. Кроме того, после окончания ремонта следует также произвести регулировку контроллера. Регулировка контактных устройств контроллера обычно достигается путем ряда последовательных включений и выключений его главного барабана с соответствующим изменением нажима пальцев на сегменты.

Наблюдающиеся в контроллерах повреждения механического характера обычно являются прямым следствием ослабления больного износа отдельных деталей контроллера. Наиболее часто повреждения этого типа происходят в блокировочных устройствах, что объясняется главным образом сравнительной сложностью системы блокировки, а также большим количеством содержащихся в ней деталей. Неисправности механического характера в контроллерах обнаруживаются путем наружного осмотра и опробования контроллера без тока на различных ходовых и тормозных положениях, т. е. при выключенном автомате или рубильнике. Если опробованием удастся установить, что блокировочное устройство контроллера будет нуждаться в ремонте, последний необходимо производить при снятой крышке контроллера, так как в противном случае блокировочный механизм будет мало доступен. Ремонт блокировочного механизма обычно сводится к креплению ослабших деталей, замене сильно изношенных деталей с последующей их регулировкой.

Механические повреждения в других местах контроллера, как, например, поломка контактных пальцев, или же их пружин, ликвидируются более простым путем — заменой прямо на месте поврежденных деталей новыми. К числу механических повреждений в контроллерах следует также отнести и ослабление крепления подводящих проводов в местах их присоединения к контактным стойкам. Как правило, ослабленное место вследствие ухудшения электрического соединения начинает сильно перегреваться, и, если его своевременно не обнаружить, то в дальнейшем это может привести к отгоранию провода. При этом благодаря стесненности внутри корпуса контроллера прогорание распространяется обычно и на другие, расположенные по соседству, детали, чем причиняется двойной вред контроллеру.

Поэтому на состояние крепления подводящих проводов в их клеммах должно быть обращено самое тщательное внимание, и при каждом ремонте или профилактическом осмотре контроллера следует обязательно производить проверку проводов и их закрепление.

Сегменты окончательно отремонтированного и налаженного контроллера, в целях уменьшения трения и, следовательно, увеличения срока их службы, обязательно промазываются тонким слоем технического вазелина. Изоляция контроллеров, в которых производились ремонтные работы, связанные с заменой изоляции, или хотя бы с ее частичным восстановлением, в целях установления достаточной диэлектрической прочности, должна обязательно подвергаться испытанию на пробой повышенным напряжением переменного тока (3350 в).

ГЛАВА IV

ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

38. Токоприемники

Электрическое оборудование трамвайного вагона, кроме тяговых двигателей, пусковых реостатов и контроллеров, состоит еще из вспомогательных приборов и аппаратов:

а) токоприемника,

б) приборов защиты электрооборудования вагона от перегрузок, перенапряжений и атмосферных разрядов;

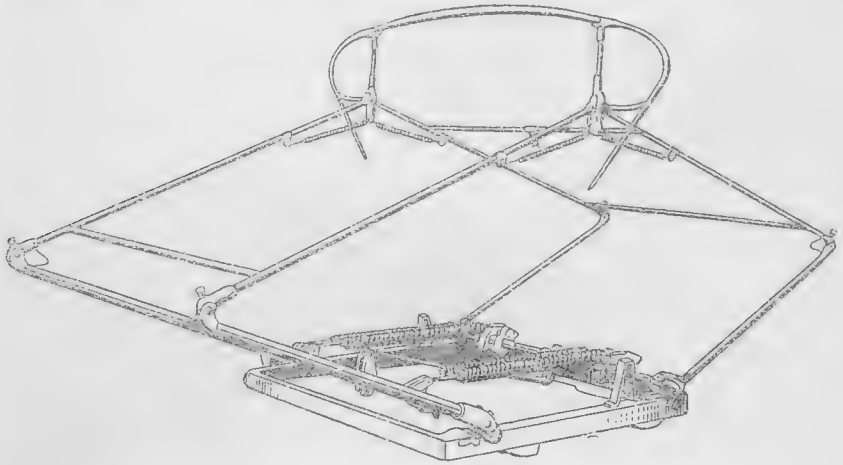
в) приборов освещения, отопления и сигнализации.

Токоприемник предназначается для электрического соединения между движущимся поездом и неподвижным контактным проводом. При движении поезда, особенно при больших скоростях, часто происходят отрывы токоприемника от рабочего провода. Помимо происходящего при этом искрения, вызывающего преждевременное разрушение как токоприемника, так и контактного провода, указанное обстоятельство весьма вредно отражается на нормальной работе тяговых двигателей. Поэтому основным условием удовлетворительной работы всякого токоприемника является непрерывный, плотный и вполне надежный контакт между рабочими поверхностями и их хорошее состояние. В трамвайной практике исключительное распространение имеет система верхнего контактного провода. При этой системе применяются токоприемники трех типов: роликовые, дуговые (бугельные) и пантографы. Все типы токоприемников имеют пружинные приспособления, которые при движении поезда должны обеспечивать плотный и непрерывный контакт между токоприемником и проводом при любых отклонениях последнего.

Роликовый токоприемник состоит из опоры (основания), штанги и контактного ролика, укрепленного на конце штанги. Штанга ролика может поворачиваться вокруг горизонтальной оси, вверх и вниз, причем пружина постоянно прижимает ее вверх, вследствие чего ролик имеет постоянный и достаточный контакт с рабочим проводом. Ролики обычно изготовляются из меди или бронзы. Нормальный угол наклона штанги к горизонтальной линии 35—40°. Давление ролика на контактный провод — от 8 до 15 кг.

При роликовом токоприемнике осложняется устройство контактной сети, особенно на крестовинах и стрелках; кроме того, ролик подвержен частым соскакиваниям с провода, которые при-

водят к повреждению токоприемника и провода. В настоящее время роликовый токоприемник в СССР выходит из употребления и почти исключительное распространение имеет дуговой токоприемник. Его нижняя часть, называемая основанием, имеет спиральную пружину, назначение которой — прижимать дугу к контактному проводу, а верхняя часть состоит из рамы с алюминиевой вставкой, которую в случае износа можно легко заменить. Скользящий контакт в виде алюминиевой вставки применяется для меньшего износа медного контактного провода; с этой же целью алюминиевая вставка снабжается желобом для смазки. Нажатие дуги на провод — от 4 до 6 кг, а угол наклона к горизонтальной линии — около 45°. Дуговые токоприемники применяются при скоростях до 40—45 км/час, так как при более высоких скоростях, вследствие неуравновешенного действия сил инерции самого то-



Фиг. 75. Пантограф.

коприемника, они неудовлетворительно работают; токоприемник часто отскакивает от провода, и нажатие на провод сильно колеблется, что приводит к неплотному и ненадежному контакту. Поэтому при больших скоростях обычно применяются пантографы (фиг. 75), которые представляют собой гибкую подвижную раму, снабженную одной или двумя токособирательными пластинами — лыжами (обычно железные полосы с медными накладками). Конструкция рычагов и пружин пантографа обеспечивает приблизительно постоянное давление лыж на провод при различной высоте подвески контактного провода.

Подвижная часть пантографа состоит из полоза, двух верхних трубчатых рам и четырех нижних трубчатых штанг, соединенных шарнирно.

Верхние и нижние подвижные рамы пантографа выполнены из цельнотянутых стальных труб. Основание пантографа пред-

ставляет собой раму, состоящую из угольников. Основание изолируется от крыши деревянными подкладками, либо устанавливается на специальных изоляторах. Подвижная часть пантографа поднимается натяжением двух пружин, заставляющих полоз следовать изменениям высоты контактного провода. Полоз пантографа выполняется из оцинкованного листового железа. К полозу привертываются винтами медные накладки, служащие для непосредственного контакта с контактным проводом. Полоз крепится к двум верхним трубчатым рамам на двух шарнирах.

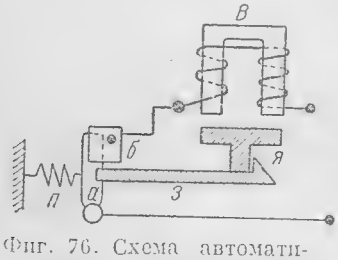
Во избежание перекоса пантографа оба его вала связаны с обоих концов уравновешивающими тягами.

Шарнирные соединения трубчатых рам шунтируются гибкими шунтами для лучшего и надежного электрического соединения элементов пантографа. Регулировка натяжения пружин пантографа производится вращением самих пружин при отпуске контргаек.

39. Приборы для защиты электрооборудования

Чтобы обеспечить правильную и надежную работу электрического оборудования вагона, необходима установка специальных аппаратов: 1) плавких предохранителей, автоматов и т. п. для защиты от чрезмерных токовых перегрузок и коротких замыканий; 2) громоотводов для защиты от атмосферных электрических разрядов и 3) реле перенапряжения для защиты отдельных цепей (главным образом цепей освещения) от перенапряжений, возникающих при рекуперации.

Плавкий предохранитель силовой цепи состоит из медной пластинки, сечение которой рассчитано так, чтобы при определенной силе тока она плавилась и разрывала силовую цепь. Плавкий предохранитель является наиболее дешевым приспособлением.



Фиг. 76. Схема автоматического выключателя.

Автоматический выключатель (автомат) является более совершенным защитным аппаратом и представляет собой выключатель, снабженный электромагнитным механизмом, который автоматически выключает силовую цепь в случае увеличения силы тока выше той величины, на которую автомат отрегулирован. Автомат должен быть отрегулирован на такую максимально допустимую силу тока, которая при мгновенном действии не может повредить электрического оборудования.

Действие автомата (фиг. 76) основано на следующем. Обмотка катушки электромагнита *В* включена в силовую цепь последовательно. Рабочий ток, проходя через обмотку, образует магнитное поле, которое, намагничивая якорь *Я*, стремится его притянуть. Якорь *Я*, который может регулироваться пружиной на разную силу притяжения, посредством защелкивающего механизма *З* удер-

живает подвижной контакт *а* в положении касания с неподвижным контактом *б*, хотя пружина *II* стремится его разомкнуть. До тех пор, пока сила тока, проходящего через обмотку, не превышает той, на которую отрегулирован автомат, электромагнит не может притянуть якорь, но как только сила тока превысит допустимую величину, якорь притянется электромагнитом, при этом защелка освобождается, и пружина быстро разрывает контакты *а* и *б*, а силовая цепь оказывается разомкнутой. В момент размыкания силовой цепи катушка *В* автомата выполняет такие функции некрогасительной катушки, создавая магнитное поле, необходимое для быстрого гашения вольтовой дуги.

На трамвайных вагонах обычно устанавливаются: а) автомат, рубильник и плавкий предохранитель или б) два автоматических выключателя, по одному на каждой площадке, причем их можно включить последовательно или параллельно. Последовательное включение более надежно, так как, если не действует один автомат, то может действовать другой. Параллельное включение удобнее с эксплоатационной точки зрения, так как при этом способе может выключиться лишь автомат той площадки, с которой происходит управление поездом.

Автоматические выключатели, применяемые в трамвайной практике, реагируют на перегрузки мгновенно, например, автомат, отрегулированный на 450 а, выключит силовую цепь, как только сила тока, проходящего в ней, превысит 450 а.

Автомат совершенно нечувствителен к длительным перегрузкам, которые не будут превышать предельной силы тока (для данного примера 450 а), но могут оказаться весьма опасными для электрооборудования. Поэтому для городских железных дорог с тяжелым профилем применяется двойная защита, состоящая из автомата и плавкого предохранителя. Плавкий предохранитель на 450 а будет выключать ток не только при кратковременных перегрузках, превышающих 450 а, но и при длительных перегрузках при токах, меньших 450 а, с некоторой выдержкой времени, зависящей от величины силы тока.

В настоящее время на трамвайных вагонах применяются в основном два типа автоматов: ДДК-300 или ДДК-500 и более совершенный тип АВ-1-Б.

Автоматы серии АВ являются более мощными и быстродействующими по сравнению с серией ДДК, так как имеют более рациональную конструкцию контактного и выключающего механизма и некрогасительного устройства.

Автомат АВ-1-Б-1 (фиг. 77) — контакторного типа и состоит из следующих основных частей: а) неподвижного и подвижного контактов с ручным приводом к последнему для включения-выключения, б) электромагнитного выключателя катушки, служащей в то же время некрогасительной, в) выключающего механизма, г) рукоятки и д) некрогасительной камеры.

Все токоведущие детали смонтированы на изоляционном основании, прессованном из дугостойкого материала, пропитанного

соответствующим образом для придания ему высоких изоляционных свойств.

Являясь быстродействующими автоматами, эти выключатели разрывают цепь при перегрузках настолько быстро, что вероятность перекрытия по коллектору тяговых двигателей значительно уменьшается.

Большой скорости включения способствует малая инерция рукоятки выключателя, что в свою очередь выдвигает требование монтажа последнего внутри площадки вагона или кабины управления на стене или на потолке. Незаземленный кожух выключателя устраняет опасность перебрасывания на него вольтовой дуги при разрыве большой мощности, что в случае заземления кожуха обычно вызывает порчу автомата.

Фиг. 77. Автоматический выключатель АВ-1-Б-1 с открытой крышкой.

Для защиты электрического оборудования от атмосферных электрических разрядов применяются роговые разрядники-громоотводы с индукционными катушками. Индукционная катушка, свитая из нескольких витков голого медного провода, включается последовательно в силовую цепь. Перед индукционной катушкой от цепи берется ответвление к роговому разряднику (в настоящее время заводами-поставщиками громоотводы выпускаются без индукционных катушек).

Разрядник представляет собой два рога, из которых один укреплен на изоляторе и электрически соединен с токоприемником, а другой заземлен. Между рогами имеется зазор, так называемый искровой промежуток. Регулировка искрового промежутка осуществляется путем передвижения рогов в держателях. Величина искрового промежутка 3—3,5 мм.

40. Электрическая цепь моторного вагона

Прокладываемые на трамвайных моторных вагонах провода, которые соединяют между собой отдельные электрические агрегаты и аппараты, образуют электрическую цепь вагона.

На фиг. 78 (см. вклейку) представлена монтажная схема электрического оборудования двухмоторного трамвайного вагона.

На схеме, кроме соединений, указаны также и сечения проводов, которыми эти соединения осуществляются. Для того чтобы представить себе наиболее полно всю силовую цепь вагона, необходимо иметь в виду, что основное электрооборудование трамвайного вагона размещено следующим образом.

1. Токоприемник установлен на крыше в средней ее части.

2. Автомат установлен на площадке № 1, с которой нормально производится управление вагоном.

3. Разрядник расположен на крыше над площадкой, на которой установлен автомат.

4. Пусковые сопротивления размещены в двух установленных на крыше ящиках, по обе стороны от токоприемника.

5. Контроллеры и выключатели цепей управления установлены на площадках, по одному на каждой.

6. Шунты расположены внутри вагона под сиденьями.

7. Линейный контактор, тяговые двигатели и их силовые коробки размещены под кузовом вагона.

На приведенной монтажной схеме не показаны осветительные провода, так как схемы электрического освещения трамвайных вагонов разобраны ниже. Силовая проводка моторного вагона выполняется специальным одножильным гибким проводом для электроподвижного состава (ЭПС) с резиновой изоляцией (оболочкой *О*) марки ЭПСО-1000; провод рассчитан на рабочее напряжение до 1000 в.

В электрической цепи моторного вагона применяются провода сечений — 35; 25; 16; 10; 2,5 мм^2.

1. Основные магистральные провода силовой цепи, а также основные заземляющие провода выполняются проводом сечением 35 мм^2.

2. Проводом сечением 25 мм^2 выполняется подводка к тяговым двигателям, пусковым сопротивлениям, а также соответствующим им пальцам контроллера.

3. Провод сечением 16 мм^2 служит для подводки к разряднику и шунтам, а также к соответствующим последним пальцам контроллеров.

Кроме того, проводами того же сечения осуществляется заземление корпусов контроллеров.

4. Провод сечением 10 мм^2 применяется для подводки электрического тока от токоприемника до щитка освещения.

5. Проводом сечением 2,5 мм^2 выполняются цепи управления вагона.

Часть силовой проводки, имеющая непосредственную связь с размещенным на крыше электрооборудованием, выполняется в проложенных по крыше вагона деревянных желобах.

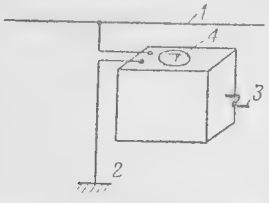
Провода, проходящие по всей длине моторного вагона и, следовательно, связывающие оба контроллера, распределяются в двух брезентовых рукавах, которые прокладываются в деревянных каналах, размещенных внутри кузова вагона по его боковым стенкам.

Эти рукава с проводами сходятся в местах начала площадок вагона и подводятся далее к контроллерам уже в одном общем деревянном желобе, расположенном с левой стороны каждой площадки вагона, под ее полом.

С верхними крышевыми желобами рукава соединяются посредством вертикальных деревянных желобов, устраиваемых в угловых стойках кузова вагона около его площадок. На фиг. 78

(см. вклейку) приведена таблица, в которой указывается, какие силовые провода прокладываются в рукавах № 1 и № 2.

Кроме того, в другой небольшой таблице, составленной специально для контроллера № 2, приведен порядок присоединения якорных концов двигателей к пальцам контроллера.



Фиг. 79. Схема для определения места заземления провода: *1* — испытуемый провод; *2* — заземление; *3* — ручка генератора; *4* — гальванометр или звонок.

Вся силовая сеть вагона при монтаже должна быть выполнена самым тщательным образом, так как в эксплоатации осмотр проводов вследствие их малой доступности бывает трудно производить. Для проверки исправного состояния проводов на практике обычно пользуются меггером, при помощи которого измеряют сопротивление изоляции проводов.

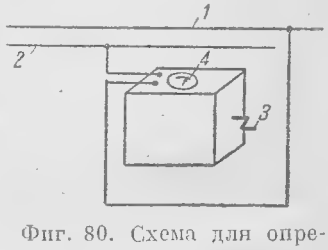
Приключая меггер к двум концам одного и того же провода, можно также обнаружить и обрыв в цепи провода или его перегорание. Измерение сопротивления изоляции какого-либо провода производится меггером путем включения его между металлической жилой провода и заземляющим проводом или же какой-либо заземляющей частью вагона.

Повреждения электрического характера в силовой цепи вагона образуются главным образом вследствие наличия каких-либо механических повреждений, например, при дефектном расположении проводов, благодаря чему может быть повреждена их изоляция, или при механических повреждениях самого кузова вагона, что обычно бывает при столкновениях с каким-либо другим видом транспорта.

При тряске вагона иногда возможно перетирание изоляции или излом проводов.

Разберем, как обнаружить эти дефекты,

а) *Обнаружение места перетирания изоляции провода.* Обнаружение места перетирания изоляции проводов, в случае замыкания проводов между собой или соединения с заземленным элементом вагона, производится с помощью звонкового индуктора или меггера.



Фиг. 80. Схема для определения места замыкания двух проводов: *1* — испытуемый провод; *2* — испытуемый провод; *3* — ручка генератора; *4* — гальванометр или звонок.

Звонковый индуктор состоит из маленького электрического генератора и обычного электрического звонка. У меггера вместо электрического звонка имеется гальванометр (прибор с указательной стрелкой), на шкале которого нанесены деления.

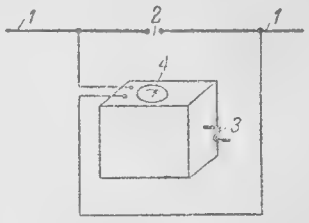
Для определения места заземления (фиг. 79) один провод индуктора или меггера присоединяется к очищенному от изоляции

месту испытуемого провода *1*. Второй провод прибора присоединяется к заземленному элементу *2* вагона.

В случае наличия заземления стрелка гальванометра меггера установится на нуле, а у звонкового индуктора — будет звонить звонок.

Для проверки замыкания проводов (фиг. 80) один провод измерительного прибора присоединяется к одному из испытуемых проводов, второй конец провода, идущего от прибора, — к меди второго испытуемого провода *2*.

В случае наличия замыкания произойдет то же, что при заземлении провода (см. выше).



Фиг. 81. Схема для определения места обрыва провода: *1* — испытуемый провод; *2* — место обрыва провода; *3* — ручка генератора; *4* — гальванометр или звонок.

б) *Обнаружение места обрыва провода* (фиг. 81). Один провод измерительного прибора присоединяется к одному концу испытуемого провода, второй провод прибора — ко второму концу провода *1*.

41. Электрическое освещение трамвайных вагонов

На трамвайных вагонах вследствие отсутствия источников электрической энергии низкого напряжения питание цепей электрического освещения осуществляется от той же самой сети рабочего напряжения 550—600 в, от которой получают электроэнергию и тяговые двигатели.

Поскольку лампы на такое напряжение не изготовляются, приходится для целей электрического освещения применять обычные лампы накаливания на напряжение 120 в, соединяя их по пять ламп последовательно в группы.

В этом случае напряжение между всеми лампами будет распределяться поровну и составит на каждой лампе:

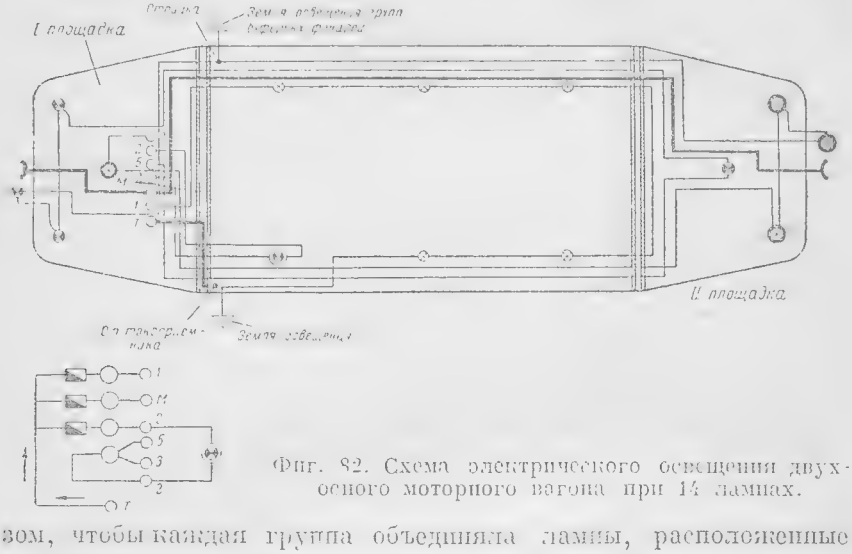
$$\frac{600}{5} = 120 \text{ в}.$$

В случае, если напряжение в контактной сети будет иметь несколько меньшую величину, например 550 в, соответственно понизится и напряжение на лампах:

$$\frac{550}{5} = 110 \text{ в},$$

вследствие чего последние будут гореть с некоторым недокалом. При включении ламп в группы особое внимание следует обращать на то, чтобы все лампы были одинаковой мощности и предназначались для одного и того же рабочего напряжения. В противном случае может произойти перегорание некоторых ламп группы, так как вследствие неравномерного распределения напряжения между лампами при различных величинах их электрического сопротивления некоторые лампы будут гореть с перекалом.

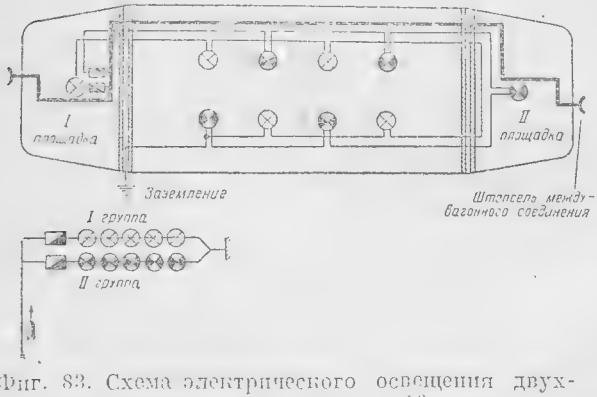
Последовательное соединение ламп обладает тем основным недостатком, что при перегорании одной какой-либо лампы выходит из строя вся группа, так как при этом размыкается ее электрическая цепь. Поэтому в трамвайных вагонах распределение ламп между группами стараются произвести таким обра-



Фиг. 82. Схема электрического освещения двухосного моторного вагона при 14 лампах.

зом, чтобы каждая группа объединяла лампы, расположенные в разных местах вагона.

Электрическое освещение трамвайных вагонов Усть-Катавского завода состоит обычно из трех отдельных групп на моторных вагонах и из двух — на прицепных.



Фиг. 83. Схема электрического освещения двухосного прицепного вагона при 10 лампах.

В зависимости от конструктивных особенностей вагонов может незначительно изменяться и количество установленных на вагоне ламп, а также их взаимное расположение в вагоне. Так, например, некоторые двухосные моторные вагоны имеют 14 ламп освещения, а некоторые — 16. Прожектор имеется не на всех моторных вагонах.

На фиг. 82 и 83 приведены наиболее характерные схемы электрического освещения для моторного и прицепного двухосных

вагонов. Первая схема содержит 14 ламп, распределенных между тремя основными группами, из которых: первая группа объединяет пять ламп из шести, расположенных во внутренней части вагона, а две остальные группы имеют каждая по четыре лампы, размещенные на площадках, в буферных и лобовых фонарях. Шестая внутренняя лампа вагона, находящаяся в его левом переднем углу, считая от площадки № 1, при помощи переключателя может быть включена последовательно во вторую или в третью группу освещения.

Таким образом, на рассматриваемом двухмоторном вагоне одновременно горят всего лишь 10 ламп, а остальные 4 потушены, из которых одна, считая по направлению движения вагона, находится на передней площадке, а три остальные в задних буферном и лобовом фонарях. Переключение внутренней лампы во вторую или третью группу освещения производится в зависимости от того, в какую сторону происходит движение вагона.

Схема освещения прицепного двухосного вагона, как видно из фиг. 83, значительно проще, так как здесь имеются всего две группы освещения, которые могут быть включены при помощи выключателей одновременно или каждая в отдельности.

Как на моторном, так и на прицепном вагонах все группы освещения снабжены отдельными выключателями и защищены плавкими пробочными предохранителями. Проводка осветительной цепи осуществляется проводом марки ЭПСО-1000, сечением 2,5 мм² для магистральных ответвлений и 1,5 мм² — для групповых ответвлений. Подводка электрического тока к распределительному осветительному щитку моторного вагона, как упоминалось выше, выполняется проводом сечением 10 мм². Ответвление к щитку берется, как правило, до линейного автомата, чтобы при выключениях последнего цепь электрического освещения вагонов не нарушалась.

Передача тока из моторного вагона в прицепной осуществляется специальными однополюсными штепселями, размещенными в лобовой части кузовов вагонов (фиг. 83). Эти штепсели имеют между собой специальные гибкие соединения, выполняемые из провода сечением 2,5 мм². Заземление цепей освещения на прицепных вагонах производится посредством присоединения заземляющих проводов к массивным металлическим частям вагонов. Прокладка осветительных проводов внутри вагонов выполняется в специальных желобах, закрываемых сверху деревянными накладками, которые прикрепляются к желобам винтами.

Желоба прокладываются главным образом по потолкам и частично по стенам вагонов.

Для электрического освещения трамвайных вагонов применяются лампы накаливания мощностью от 25 до 60 вт с цоколем Свана. Этот патрон на своей поверхности не имеет винтовой резьбы, вследствие чего лампочка не ввертывается в патрон,

а просто вставляется и затем поворачивается на некоторый угол.

Два небольших отростка, имеющиеся на цоколе лампы, заходят в специальные вырезы в боковой части патрона и удерживаются в последних давлением пружины патрона.

Применение патрона Свана вызвано тем, что лампочки в патронах Эдиссона от возникающих во время движения сотрясений будут вывертываться и падать на пол вагона. Все устанавливаемые на трамвайных вагонах патроны Свана имеют в своем основании специальные контрольные гнезда, которые необходимы для нахождения перегоревших ламп в группах, что достигается поочередным включением в контрольные гнезда специальной штепсельной вилки.

Если при включении вилки в какую-либо пару гнезд лампы группы загорятся, то это будет свидетельствовать о том, что перегорела именно лампа, соответствующая этим гнездам, так как при ее перегорании электрическая цепь группы в этом месте была разомкнута. При включении закороченных вилок в гнезда не следует оставлять их долгое время во включенном положении, так как в группе в этот момент включены всего лишь четыре лампы и, следовательно, каждая из них будет находиться под повышенным напряжением $\frac{600}{4}=150$ в и может перегореть.

В случае, если проверка закороченной вилкой не даст никаких результатов, то это будет свидетельствовать о том, что в группе перегорела не одна, а большее количество ламп, или же неисправна вся электрическая цепь группы; например, перегорел предохранитель, имеется обрыв в цепи группы и т. д. При одновременном перегорании нескольких ламп одной группы закороченными вилками уже пользоваться нельзя, так как это заведомо приведет к перегоранию оставшихся исправных ламп. Поэтому в подобных случаях пользуются переносной ламповой группой с двумя однополюсными вилками, которые поочередно вставляются в разные контрольные гнезда группы. При помощи этой же переносной группы можно определять и повреждения иного характера: обрывы в электрической цепи, случайное заземление проводов освещения и т. д.

Кроме того, переносными ламповыми группами можно пользоваться также и для нахождения отдельных неисправностей в силовой цепи моторных вагонов, прибегая к этому при отсутствии мегера.

42. Осмотр и ремонт электроаппаратуры и вспомогательного электрооборудования трамвайных вагонов

Электроаппаратура и вспомогательное электрооборудование трамвайных вагонов должны подвергаться, так же как электродвигатели, осмотру и ремонту в межремонтные периоды профилактических осмотров и ремонтов вагонов.

Выполняемые работы при ежедневном (почном) осмотре (ремонт № 1)

а) *По контроллерам и линейным контакторам необходимо:*

Проверить заземление корпуса контроллера. Открыть кожух каждого контроллера, удалить копоть и грязь на секторах и сегментах главного и реверсивного валов, супорте, пальцах, корпусе и на гребенке искрогасительной катушки промывкой бензином.

Осмотреть пайку. Осмотреть все пальцы, сухари и сегменты, обгоревшие запилить и зачистить шкуркой. Негодные пальцы, сухари или сегменты сменить. Отрегулировать нажимы пальцев, заменив ослабшие пружины. Осмотреть крепление проводов искрогасительной катушки. Смазать вазелином сегменты и сухари на пальцах.

Проверить работу фиксирующего и блокирующего механизмов. Проверить действие механизма переключения двигателей. Проверить, не вращается ли реверсивный вал от руки.

Проверить отсутствие заеданий при включении на электрический тормоз и касание сухарей и сегментов на тормозных положениях. Проверить надежность запора кожуха и исправность крышки.

Проверить включением рукоятки контроллера действие линейного контактора.

Осмотреть состояние деталей крепления ящика контактора к раме вагона. При обнаружении поврежденных изоляторов вагон передать в ремонт для смены изоляторов.

Проверить замки, петли и уплотнения ящика контактора.

Снять крышку и осмотреть контактор, устраняя неисправности, при необходимости — зачистить силовые контакты.

б) *По остальному электрическому оборудованию необходимо:*

Осмотреть все детали электросигнализации, осмотреть все кнопки и проверить их действие. Проверить междувагонное соединение цепи электросигнализации.

Осмотреть предохранители и выключатели и проверить их действие. Проверить состояние световых букс и штепселей. Проверить включением исправность цепи мотор-компрессора.

Осмотреть автомат и рубильник, проверить действие автомата и рубильника включением рукой. Проверить заземление ручек автомата и рубильника. Осмотреть громоотвод. Осмотреть токоприемник и крепление вставки, при необходимости — отрегулировать давление токоприемника на провод, запилить вставку, при необходимости — заложить смазку в нее, и осмотреть подшипники кулисы. Осмотреть крышевые и подвагонные реостаты. Проверить крепление реостатных клемм и проводов в них. Проверить исправность лобовых фонарей.

Работы, выполняемые при двенадцатидневном осмотре (ремонт № 2)

а) *По контроллерам и линейным контакторам необходимо:*

Проверить заземление корпуса и крепление крышки и рукоятки главного вала. Вынуть главный и реверсивный валы, осмотреть пайку и крепление проводов. Запилить и зачистить подгоревшие

сухари и сегменты, изношенные сменить, отрегулировать нажим пальцев. Тщательно удалить загрязнение в корпусе, подгоревшую изоляцию зачистить и покрыть электроэмалью. Осмотреть искрогасительную катушку, протереть кольца и перегородки. Проверить работу защелкивающего и блокирующего механизмов и устранить их неисправности.

Осмотреть изоляцию кожуха и восстановить нарушенную изоляцию. Проверить запор кожуха и устранить неисправности.

Проверить действие контроллера на позициях электрического торможения. Проверить действие механизма для переключения двигателей.

Произвести все работы, указанные в ремонте № 1, и, кроме того:

Тщательно осмотреть состояние проводов между катушками, блокконтактами и силовые соединительные провода внутри контактора.

Проверить действие блокконтактов.

Проверить крепление силовых контактов.

Зачистить и смазать силовые контакты, а контакты, изношенные по профилю более 2,5 мм, заменить новыми; проверить давление контактов.

Примечание. Зачистку контактов производить личным напильником или стеклянной шкуркой; применение наждачной бумаги для зачистки силовых контактов не допускается.

Проверить разрыв силовых контактов: он должен быть в пределах 14—16,5 мм.

Проверить состояние гибкого шунта подвижного контакта, в особенности в месте трения о медную прокладку.

Осмотреть пружины.

Очистить перегородки искрогасительной камеры от медных брызг и копоти.

б) *По остальному электрооборудованию*:

Освещение. Осмотреть осветительную арматуру и приборы. Неисправные исправить и сменить. Проверить световые буксы и междувагонное электрическое соединение, отремонтировать неисправные.

Электросигнализация. Осмотреть все кнопки и проверить их действие, исправить или заменить неисправные. Осмотреть и отрегулировать звонок. Осмотреть междувагонное соединение и зачистить контакты.

Автомат и рубильник. Снять кожух, очистить от подгаров и копоти, зачистить контакты и проверить крепление проводов. Проверить защелкивающий механизм автомата. Осмотреть ручки и проверить их заземление. Проверить крепление автомата и рубильника и исправность кожухов и запоров, при неисправности—исправить.

Громоотвод. Проверить зазор между рожками громоотвода и отрегулировать его. Проверить надежность контактов и крепление громоотвода к крыше.

Токоприемник. Проверить крепление кулисы и подкулисной доски. Проверить крепление рамы токоприемника к кулисе. Осмотреть вставки, запилить неровности и добавить смазку. При толщине вставки менее 20 мм – сменить. Отрегулировать длину и нажим токоприемника. Осмотреть вязку веревки. Смазать подшипники вала кулисы.

Реостаты. Осмотреть сопротивления, проверить и закрепить контакты; очистить их от пыли и сменить сломанные изоляторы. Исправить кожухи. Проверить исправность и включение шунтовых реостатов.

Мотор-компрессор. Осмотреть коллектор, проверить крепление щеткодержателя и нажим на щетке, проверить щетки и притереть их. Проверить крепление катушек. Проверить соединительные провода и их крепление.

Электропневматический регулятор давления. Зачистить контакты, смазать вазелином контакты и включающие рычаги. Проверить клеммы. Проверить работу мотор-компрессора и действие регулятора.

Силовая коробка. Осмотреть, очистить от копоти. Проверить надежность контактов.

Работы, выполняемые при малом и периодическом ремонте (ремонт № 3)

а) *По контроллерам и линейным контакторам необходимо*:

Произвести полную ревизию контроллера на месте, со съемкой крышек и валов. Проверить отщелкивающий и блокирующий механизмы. Заменить изношенные части. Проверить соединения и заземление.

По линейным контакторам при малом периодическом ремонте производятся те же работы, что и при двенадцатидневном профилактическом ремонте.

Примечание. Во всех упомянутых видах осмотра и ремонта в случае необходимости смены пружин, катушек, проводов контактор должен сниматься с вагона, а ремонт надлежит производить в мастерской.

б) *По остальному электрооборудованию необходимо*:

Осмотреть и исправить силовые и вводные коробки.

Произвести ревизию со вскрытием на месте автомата и рубильника.

Продуть, осмотреть реостаты и устранить их неисправности. Проверить закрепление проводов в клеммах реостатов.

Осмотреть, исправить или сменить световые буксы, выключатели, предохранители, детали электросигнализации и арматуры освещения.

Осмотреть, исправить токоприемник, отрегулировать давление на контактный провод.

Осмотреть и исправить громоотвод.

Произвести ревизию электрической части мотор-компрессора и электропневматического регулятора на месте.

Работы, выполняемые при среднем периодическом ремонте (ремонт № 4)

а) *По контроллерам и линейным контакторам необходимо:*

Произвести полную ревизию контроллеров по специальной инструкции, со сменой отдельных частей, с проверкой валов на станке и испытанием изоляции и искрогашения. Проверить отщелкивающий и блокирующий механизмы.

При среднем периодическом ремонте контактор с вагона снимается, ящик контактора очищается от грязи. Осмотр и ремонт производятся в мастерской.

При среднем периодическом ремонте по контакторам надлежит сделать следующее:

Сменить силовые контакты при износе по профилю более 2,5 мм. Отрегулировать давление силовых контактов. Проверить регулировку реле. Заменить гибкий шунт подвижного контакта, если он протерт более чем на $^1/_3$ своей толщины.

Тщательно осмотреть все клеммы проводов, обратив внимание как на соединение клеммы с проводом, так и на крепление клеммы.

Очистить искрогасительную камеру.

При наличии выгоревших мест на стенках искрогасительной камеры замазать эти места замазкой.

Примечание. Замазка изготовляется из равных частей гипсового порошка и асбестового волокна, смешиваемых с добавлением шеллачного спиртового лака до тестообразного пластичного состояния. Предварительно зачистить и просушить перегородки, покрыв ремонтируемые места тонким слоем густого раствора шеллака. Бакелитовый лак применять не допускается.

Проверить отсутствие заеданий подвижного контакта при установленной искрогасительной камере.

Оси и втулки, изношенные более чем на 1 мм по диаметру, заменить. Смазать техническим вазелином оси и втулки.

Осмотреть состояние изоляции трубчатого сопротивления и его крепление; заменить сопротивления, если имеются разрушения изоляции.

Проверить изоляцию катушек напряжением 1200 в на пробой.

Проверить сопротивление изоляции катушек; катушки, имеющие сопротивление изоляции менее 0,5 мегома или с повреждением изоляции, передать в ремонт.

Подъемную катушку и удерживающую, если они не снимаются, покрыть изоляционным лаком № 4.

Искрогасительную катушку и катушку перегрузки, если они не снимаются, покрыть асфальтовым лаком № 447.

Искрогасительная и выключающая катушки при ремонте со съемкой их с контактора после ремонта изоляции покрываются лаком № 447.

Деревянные части покрыть спиртовым шеллачным лаком.

Проверить состояние всех деталей крепления ящика коллектора к раме вагона. Заменить изоляторы, имеющие трещины или сколотые края.

Проверить отсутствие заземления ящика контактора. Ящик контактора очистить от грязи и покрыть черным асфальтовым лаком.

При работе по осмотру контакторов и другого оборудования под вагонами, оборудованными линейными контакторами, обязательно должен быть опущен токоприемник.

Кроме того, должны быть выключены автомат и рубильник и выключатели цепи управления на обеих площадках. При этом питание осветительной проводки вагонов от контактного провода не допускается.

б) *По остальному электрооборудованию необходимо:*

Произвести ревизию и испытание автоматов и рубильников со снятием их с вагона.

Произвести ревизию электрооборудования мотор-компрессора и электропневматического регулятора со снятием с вагона.

Очистить, осмотреть и исправить на месте или сменить: а) реостаты, б) токоприемники с проверкой давления на контактный провод, в) громоотвод, г) силовые и вводные коробки, д) осветительную, сигнализационную аппаратуру и арматуру.

Работы, выполняемые при большом периодическом ремонте (ремонт № 5)

а) *По контроллерам:*

Разобрать и отремонтировать на верстаке: сменить сегменты на главном валу и проточить на станке, протравить и перебрать пальцы, сменить пружины и сухари на пальцах. Проверить состояние изоляции корпуса, валов, проводов и впайку проводов в пальцедержатели и клеммы, отремонтировать рукоятки, блокирующий и отщелкивающий механизм, сменить подшипники валов. Проверить искрогасительную катушку. Отремонтировать кожух и запоры. Испытать контроллер на диэлектрическую прочность, нагрев и искрогашение.

б) *По автоматам:*

Снять, разобрать, отремонтировать согласно чертежу. Испытать согласно инструкции. Кожухи и запоры отремонтировать или сменить.

в) *По реостатам и вводным коробкам*:

Разобрать, очистить, осмотреть пластины, спирали или угольные стержни сопротивлений, негодные сменить. Проверить изоляцию и сопротивление ступеней. Проверить закрепление сопротивлений, клемм и вводных проводов.

г) *По токоприемникам*:

Отремонтировать кулису и раму токоприемника согласно чертежам. Проверить пружины. Сменить вставку. Испытать токоприемник.

д) *По громоотводам*:

Отремонтировать по чертежным размерам.

е) *По световой и сигнализационной аппаратуре и арматуре.*

Отремонтировать или сменить с таким расчетом, чтобы вся аппаратура и арматура отвечали всем требованиям, предъявляемым к новой арматуре.

ж) *По силовой, осветительной и вспомогательной проводкам*:

Осветительную и вспомогательную электропроводку вскрыть, осмотреть и испытать.

Силовую проводку (рукава) вскрыть под площадкой и в местах вывода из кузова под площадку, тщательно осмотреть, исправить изоляцию. Проверить сопротивление проводов. Закрыть провода, обеспечить надежность уплотнений.

Проверить сопротивление изоляции всей электрической цепи. Проверить степень изолировки подкулисных досок, крышевых ограждений и проводов.

Проверить все заземления.

з) *По электрической части мотор-компрессора:*

Произвести ремонт мотора и ревизию роликоподшипников согласно специальной инструкции.

Работы, выполняемые при капитальном ремонте (ремонт № 6)

Сверх работ, перечисленных в большом периодическом ремонте (ремонт № 5), при капитальном ремонте производятся следующие работы:

а) *По проводке*:

Выемка всей силовой, осветительной и вспомогательной проводки, осмотр и испытание силовой проводки с тем, чтобы оставить лишь те провода, которые по своему состоянию не вызывают сомнения в надежности их работы на протяжении следующего девятилетнего периода.

б) *По мотор-компрессору:*

Проверяется на станке централь корпуса с восстановлением построечных размеров (обварка и расточка гнезд или замена корпуса).

ГЛАВА V

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ МОДЕРНИЗИРОВАННЫХ ДВУХОСНЫХ ТРАМВАЙНЫХ ВАГОНОВ

43. Схема электрического оборудования модернизированных вагонов

В последнее время во многих городах СССР произведена модернизация существующих трамвайных вагонов. В вагонах произведен ряд усовершенствований, как-то: автоматически закрывающиеся двери, поставлен один контроллер вместо двух (одностороннее управление), что дает большую экономию цветных металлов, удешевляет ремонт и облегчает вес вагона, проведена электрическая звонковая сигнализация, устроен обогрев лобового стекла вагоновожатого и пр.

В настоящее время заводом «Динамо» им. Кирова изготовлен проект электрооборудования двухосных трамвайных вагонов для периферийных городов. Поскольку по этому проекту Усть-Катавский вагоностроительный завод начинает выпускать вагоны для всех периферийных городов СССР, разберем его принципиальную схему электрооборудования и некоторых его деталей.

Из приведенной принципиальной схемы (фиг. 84; см. вклейку) видно, что она составлена для одноконтроллерного управления вагоном и, кроме того, в отличие от электрооборудования обычных трамвайных вагонов выпуска Усть-Катавского завода с двухсторонним управлением и линейным контактором, имеет улучшенное электрическое освещение вагона, электрическую звонковую сигнализацию, обогрев лобового стекла вагоновожатого, тритовый разрядник вместо обычного громоотвода, радиореактор от радиопомех и пр.

В связи с упразднением второго поста управления силовая схема (как видно из той же фиг. 84) модернизируемого вагона упрощается, монтаж также делается проще, так как вторая площадка уже не имеет элементов силового оборудования, работающего с параллельным присоединением системы проводов к оборудованию первой площадки.

Силовая цепь разбираемой нами схемы понятна без всяких пояснений в силу своей простоты, что же касается вспомогательных цепей и некоторых приборов (тритовый разрядник, радиореактор), то они требуют некоторых пояснений.

Радиореактор типа ИК-3Б-3

Тотчас же за токоприемником в силовой провод включен радиореактор типа ИК-3Б-3 (установленный на крыше в специальном ящике), служащий для защиты установок радиослушателей от помех, которые возникают каждый раз при нарушении контакта между токоприемником и контактным проводом.

Радиореактор, состоящий из дроссельной катушки и конденсатора, включенного между катушкой и контактным проводом, предназначен для уменьшения выхода в эфир мешающих электромагнитных колебаний, возникающих при нарушении контакта между токоприемником и контактным проводом.

Кроме указанной выше дроссельной защиты в виде радиореактора, в рассматриваемой нами схеме предусмотрена также и защита радиоприема от помех, создаваемых высокочастотными колебаниями, возникающими между щетками и коллектором двигателя. Эта защита выполняется при помощи конденсаторов, включаемых (блокирующих) параллельно якорям двигателей (фиг. 84).

Для защиты от возможных коротких замыканий при случайном пробитии конденсаторов предусмотрена защита в виде плавких предохранителей. Конденсаторный блок и два пятиамперных предохранителя смонтированы в новой моторно-вводной коробке типа СК-37-А.

Тиритовый разрядник типа КПР-1

Так как роговые разрядники типа РД-2, устанавливавшиеся до сего времени на трамвайных вагонах, являются малоэффективными по своему защитному действию, на модернизируемом вагоне устанавливается тиритовый разрядник типа КПР-1.

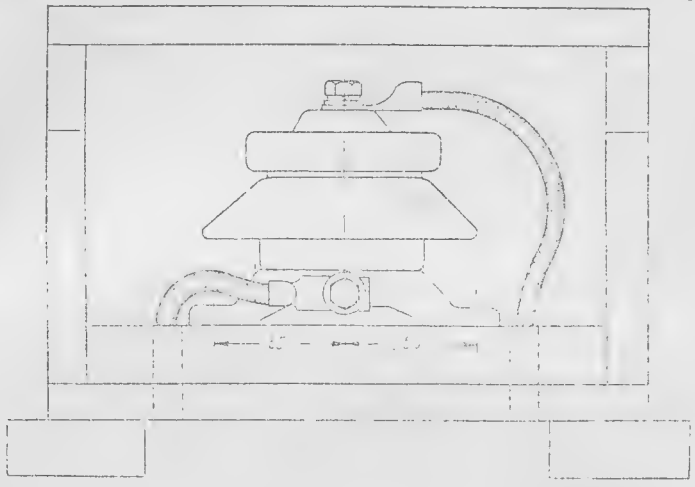
Тиритовый разрядник, присоединенный за токоприемником в отдельной, надежно заземленной цепи, устанавливается вслед за радиореактором на крыше (ближе ко второй площадке).

Как показали теоретические исследования, подтвержденные опытом, действие разрядника будет тем лучше, чем меньше будет величина сопротивления, включенного между воздушным промежутком и землей; однако, с другой стороны, это приводит к протеканию по разряднику тока очень большой величины, который трудно разорвать, вследствие чего усложняются условия гашения дуги, возникшей между рогами разрядника, при разряде.

Выход, удовлетворяющий обоим противоречащим друг другу требованиям, был найден в выполнении сопротивления, включаемого последовательно с воздушным промежутком, из специального сплава, обладающего свойством менять свое сопротивление в зависимости от приложенного напряжения.

Сплав из графита, глины и карборунда, меняющий свое сопротивление, получил название тирита. Величина омического сопротивления тирита уменьшается примерно в 12 раз при удвоении приложенного напряжения.

Процесс, протекающий в тиритовых разрядниках при их работе, имеет следующий характер. При нормальной работе линии сопротивление велико и присоединение искрового промежутка не отражается на работе линии. При возникновении перенапряжений происходит перекрытие воздушного промежутка (в тиритовом разряднике их не один, а много), и сопротивление разрядника сильно снижается. Этим ликвидируется перенапряжение. Как только это произойдет, величина напряжения упадет до нормальной величины, и величина сопротивления возрастет, вследствие чего дуга погаснет. Таким образом, в тиритовом разряднике дуга га-



Фиг. 85. Общий вид тиритового разрядника КИР-1.

сится значительно быстрее, чем в громоотводе. В этом основное преимущество тиритового разрядника.

На фиг. 85 представлен общий вид тиритового разрядника. Как видно из фигуры, этот разрядник КИР-1 по габаритам меньше разрядника (громоотвода) ГД-2; для защиты от дождя, снега и загрязнения разрядник помещен в деревянную коробку. Кабель, показанный на фиг. 85, сечением 35 мм² присоединен между силовым проводом и разрядником, а кабель сечением 25 мм² присоединяется от разрядника (от воздушных промежутков, находящихся внутри разрядника) к заземлению.

Освещение вагона

Освещение вагона производится тремя группами: первая группа — четыре лампы внутреннего освещения и одна лампа заднего сигнального фонаря. То же — вторая группа. Третья группа (наружное освещение) — две лампы маршрутных фонарей, две лампы — маршрутных линз и одна лампа лобового фонаря (прожектора). Таким образом, имеем восемь ламп внутри вагона, две лампы задних сигнальных фонарей, две лампы маршрутных фонарей, две лампы маршрутных линз и один прожектор—всего 15 ламп.

Как видно из схемы вспомогательных цепей, от автоматического выключателя подводится ток (через выключатель управления) к общему выключателю освещения, который дает возможность в случае необходимости полностью выключить свет во всем вагоне, т. е. во всех трех группах освещения; далее ток подходит к предохранителю подъемной катушки линейного контактора; к выключателю мотор-компрессора (там, где мотор-компрессора еще нет, эта последняя клемма остается свободной, как резервная). Далее — от общего выключателя через соответствующие пятиамперные предохранители ток проходит к трем группам ламп через соответствующий выключатель (каждая группа ламп имеет свой выключатель). Так как в третью группу ламп включен лобовой фонарь, который может и не всегда гореть, то вместо него в третью группу ламп тогда, когда не горит лобовой фонарь, посредством переключателя (на третью группу ламп служит не выключатель, а переключатель) включается трубчатое сопротивление ТС-200, соответствующее сопротивлению лампы лобового фонаря и, наконец, через предохранитель имеется ответвление к проводу междувагонного соединения.

Звонковая электросигнализация

Звонковая электрическая сигнализация получает питание, так же как и освещение, непосредственно от сети (600 в). Ток через выключатель управления ВУ-213-Б подводится через соответствующий предохранитель к звонкам и сигнальным кнопкам и к проводу междувагонного соединения для передачи сигналов из прицепного в моторный вагон. И, наконец, тем же путем подводится ток для обогрева стекол вагоновожатого; для включения его служит специальный выключатель.

Обогрев стекла вагоновожатого

В кабине вожатого для обогрева передних стекол установлено приспособление, представляющее собой как бы электропечь специального назначения по типу ленинградского трамвая, заключающееся в установке второй рамы вместе с трубчатыми сопротивлениями (фарфоровые, эмалированные элементы), смонтированными на внутренней стороне этой рамы. Эти тепловые элементы, соответственно подобранные, нагревают воздушную прослойку между рамами и не дают стеклам запотевать или обмерзать. Количество трубок, последовательно включенных по 250 ом, — шесть. Так как обогреватель служит для обогрева двух передних стекол, то оба комплекта трубок соединены в параллельную цепь, благодаря чему включение и выключение обогрева стекол производятся общим выключателем.

Управление вспомогательным оборудованием смонтировано на специальном реостатном щитке, установленном в кабине вожатого. Для лучшего усвоения устройства вспомогательных цепей ниже показана монтажная схема (фиг. 86; см. вклейку).

ГЛАВА VI

КОНТАКТОРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ

41. Общее описание

Сущность контакторной системы управления заключается в следующем: контроллер, управляемый водителем, включает и выключает только вспомогательный ток, который приводит в действие особые отдельные выключатели. Эти выключатели, называемые контакторами, производят все необходимые соединения тяговых двигателей, реостатов и других приборов в силовой цепи.

Таким образом, при этой системе управления имеются:

1) Цепь, которая идет от токоприемника и состоит из реостатов, тяговых двигателей, выключателей и защитных аппаратов, называемая силовой цепью.

2) Цепь тока управления, в которую входят контроллер, катушки контакторов, реверсор и т. п. Цепь управления электрически совершенно отделена от силовой цепи. Цепь тока управления для трамвая может быть выполнена или на низкое напряжение 50—100 в, или на напряжение контактной сети (550—600 в) (с добавочным сопротивлением). Преимущества контакторной системы управления трамвайных вагонов по сравнению с обычными силовыми контроллерами в основном следующие:

а) удобство управления, безопасность, экономия электроэнергии, незначительные физические усилия, требуемые от вагоновожатого;

б) малые расходы по эксплоатации вследствие того, что токоведущие части контакторов изнашиваются меньше, чем соответствующие детали обычных контроллеров;

в) уменьшение веса; контроллер управления по своим размерам настолько мал, что помещается под сиденьем вагоновожатого.

По способу управления контакторами существующие системы можно разделить на следующие:

1) Системы управления с индивидуальным управлением контакторами:

а) электромагнитные;

б) электропневматические.

2) Системы управления с групповым управлением контакторами:

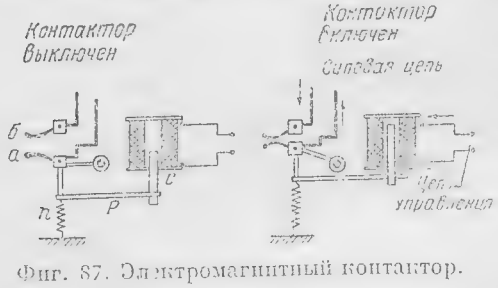
а) электропневматические;

б) электродинамические.

3) Системы управления со смешанным управлением контакторами.

На фиг. 87 представлена схема электромагнитного контактора. Контакты *а* (подвижной) и *б* (неподвижный) служат для замыкания и размыкания силовой цепи. Подвижной контакт *а* соединен рычагом *Р* с сердечником *С* электромагнита. Катушка электромагнита включена в цепь управления. При прохождении тока по катушке сердечник втягивается и замыкает контакты силовой цепи. При выключении тока пружина *п* оттягивает рычаг и размыкает контакты силовой цепи. Контакты силовой цепи обычно снабжаются искрогасительными катушками.

Принцип действия всякой индивидуальной системы управления заключается в следующем: каждый контактор, предназначенный для определенной работы, имеет собственный (индивидуальный) привод. Порядок включения контакторов обусловлен схемой цепи управления, а правильность включения обеспечивается специальными блокировочными устройствами.



Фиг. 87. Электромагнитный контактор.

Блокировки предусмотрены для ряда контакторов и состоят из блокировочных контактов и замыкающих пластин, соединенных с якорями соответствующих контакторов. Назначение этих блокировок — включать и выключать соответствующие цепи управления, обеспечивающие правильную работу всей электрической аппаратуры и двигателей; например, образование замкнутого контура силовой цепи может быть допущено только после того, как аппараты, не имеющие искрогашения, установлены в рабочее положение; переход с последовательного соединения двигателей на смешанное может происходить только тогда, когда включены соответствующие пусковые и шунтовые сопротивления, и т. д.

Блокировки бывают:

а) прямые — блокировочные контакты замкнуты, если контактор включен, и наоборот, и

б) обратные — блокировочные контакты замкнуты, если контактор выключен, и разомкнуты, если он включен. Принцип действия блокировки понятен из фиг. 88 с обозначениями: *1* — катушка контактора (цепь управления); *2* — якорь контактора; *3* — контакты силовой цепи; *4* — блокировочные контакты (цепь управления).

Принцип действия группового управления контакторами заключается в следующем: все контакторы сведены в группы таким

образом, что включение и выключение контакторов одной группы производятся общим механизмом, который в свою очередь действует под влиянием тока цепи управления; механизм этот состоит из кулачков и вала с кулачковыми шайбами.

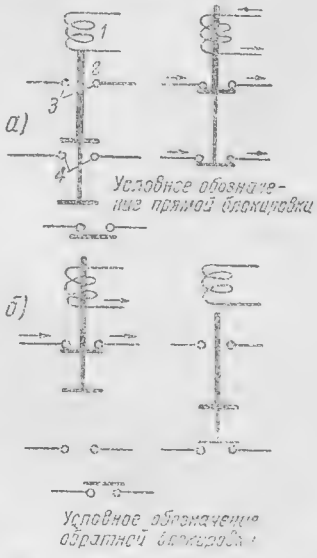
Кулачковый вал может быть приведен в действие от специального электродвигателя (сервомотор) или цилиндра с сжатым воздухом; первая система носит название электродинамической, а вторая — электропневматической.

Смешанные системы управления представляют комбинацию индивидуальных и групповых систем.

В трамвайной практике находит применение преимущественно электромагнитная индивидуальная система управления.

Контакторная система управления весьма просто разрешает вопрос управления поездами, состоящими из двух, трех и большего числа моторных вагонов. В этом случае силовая цепь каждого моторного вагона представляет самостоятельную параллельную рабочую цепь. Цепь управления должна быть проложена вдоль всего поезда как на моторных, так и на прицепных вагонах. Ток управления через контроллер ведущего вагона проходит во всей цепи управления и посредством контакторов воздействует на силовую цепь каждого моторного вагона.

Так как ток управления обычно бывает небольшим, то укладка проводов этой цепи через все вагоны поезда и выполнение междувагонных соединений не представляют никаких трудностей.



Фиг. 88. Принцип действия блокировки.

Контроллеры могут быть установлены как на моторных, так и на прицепных вагонах и соединяются параллельно, вследствие чего управление всем поездом может исходить из любой точки поезда, где имеется контроллер.

В этом случае система контакторного управления носит название «система многих единиц». Эта система управления позволяет проявлять максимум гибкости при составлении поездов.

Контакторная система управления применяется как при сериесных, так и при компаундных двигателях.

В качестве примера применяемых на трамвае контакторных схем управления ниже рассмотрена схема с индивидуальными контакторами для управления четырьмя компаундными двигателями, применяемая на новых четырехосных вагонах московского трамвая, которая имеет ряд преимуществ перед контакторной системой управления с сериесными двигателями, а именно:

а) возможность осуществления рекуперативного торможения без особого усложнения и увеличения веса электрического оборудования вагона;

б) рекуперативное торможение происходит на противокомпаундных характеристиках двигателей, превращенных в генераторы: эти характеристики весьма благоприятны для условий городского движения и обеспечивают плавное торможение;

в) применение компаундных двигателей обеспечивает получение большого количества ходовых позиций;

г) компаундные двигатели позволяют вагоновожатому регулировать скорость вагона очень простым способом — легким передвижением главной рукоятки контроллера вперед (ускорение) или назад (замедление);

д) отсутствует износ тормозных колодок и бандажей.

45. Схема электрооборудования четырехосного вагона, выполненная по контакторной системе управления, с компаундными тяговыми двигателями и с одним постом управления

Вагон оборудован четырьмя компаундными двигателями по два, постоянно включенными последовательно.

Система управления — электромагнитная, неавтоматическая; электрическое торможение — рекуперативное и реостатное.

При каждом положении рукоятки контроллера и реверсивной рукоятки этого контроллера и различных положениях отключателей групп моторов рассматриваются три отдельные, независящие друг от друга цепи.

1) Силовая цепь, в которую включены: якори, обмотки добавочных полюсов и сериесные обмотки, обмотки главных полюсов двигателей, пусковые и тормозные сопротивления, рабочие контакты силовых контакторов и реверсора и быстродействующий автоматический выключатель.

2) Цепь управления, в которую включены контроллер, катушки возбуждения контакторов и реверсора и блокировка.

3) Шунтовая цепь, в которую включены шунтовые обмотки главных полюсов двигателей, рабочие контакты шунтовых контакторов и регулировочные сопротивления.

При управлении контроллером выполняется следующее.

1) Пуск, разгон и регулирование скорости посредством пусковых и регулировочных реостатов и последовательно смешанного соединения тяговых двигателей.

2) Электрическое торможение: рекуперативное от максимальной скорости до скорости 10—12 км/час, затем реостатное до скорости 5 км/час, после чего остановка должна производиться пневматическим или ручным тормозом.

3) Изменения направления движения посредством реверсора с электромагнитным приводом, переключающим обмотки якорей.

4) Аварийная езда на одной группе (пара) двигателей при отключенной другой.

Питание цепей управления, освещения и отопления производится от напряжения контактной сети. В случае отсутствия напряжения в контактной сети реостатное торможение не действует, так как прекращается питание цепи управления; в этом случае на позициях реостатного торможения от контроллера автоматически начинают действовать воздушное торможение через специальное электропневматическое устройство.

46. Общие указания, необходимые для разбора схемы

1. В средней части схемы (фиг. 89; см. вклейку), вверху и внизу, даны схемы силовой цепи, цепи шунтового возбуждения двигателей, называемой в дальнейшем шунтовой цепью, цепи управления и вспомогательных цепей.

2. Схема вспомогательных цепей дана на фиг. 113.

3. Жирными линиями изображена только схема силовой цепи, схемы всех остальных цепей изображены тонкими линиями.

4. Расположение схем в средней части схемы следующее: вверху — вспомогательные цепи, под ними — силовая цепь, ниже — шунтовая цепь и внизу — цепь управления.

5. Слева внизу дана развертка контроллера вожатого кулачкового типа КВ-11.

6. Справа внизу дана таблица включений контакторов.

7. Слева вверху дана защита от перенапряжений.

8. Двумя парами параллельных линий по обе стороны группы моторов в силовой цепи обозначаются контакты реверсора. Обозначение это следует понимать таким образом, что при переключении реверсора на обратный ход крайняя правая из параллельных линий вместе с подводящим к ней проводом становится на место крайней левой с ее подводящим проводом, и наоборот.

9. Цифрами, начинающимися с нуля, *01*, *02*, *03* и т. д. обозначаются контакты отключателя группы двигателей (моторов) *ОМ*.

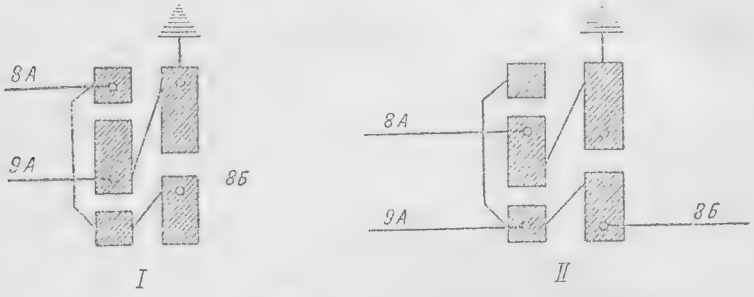
10. Крестик в обозначениях отключателя двигателей указывает ту точку, которая при отключении изменяет свое положение. Например, точка *01*, переводящаяся при отключении в точку *03*.

11. Показанные в схеме цепи управления контакты реверсора (фиг. 90, *I*) при переключении реверсора следует представить себе поднявшимися на одно деление (фиг. 90, *II*).

В фиг. 90, *I* провод *8Б* соединен с проводом *8А*, в фиг. 90, *II* тот же провод *8Б* соединен с проводом *9А*. Кроме того, в первом случае получается соединение провода *8А* с землей, а во втором случае — провода *9А* с землей. В первом случае к проводу *9А* не подводится напряжение, а во втором — к проводу *8А*. Но как только при реверсировании в первом случае к проводу *9А* будет подведено напряжение, а во втором к проводу *8А*, замыкается ток на землю, который и заставляет барабан реверсора повернуться в противоположном направлении.

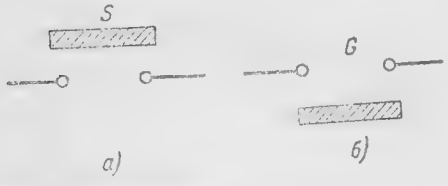
12. Блокировки, начерченные над контактами (например, фиг. 91, *а*), замыкают контакты при разомкнутом контакторе и размыкают при замкнутом контакторе. Блокировки, начерченные под контактами (например, фиг. 91, *б*), наоборот, замыкают контакторы при замкнутом контакторе и размыкают при разомкнутом.

13. Блокировка *ОМ* отключателя двигателей в цепи управления замкнута только при всех включенных двигателях.



Фиг. 90. Схема переключения реверсора: *I* — прямой ход; *II* — обратный ход.

14. В развертке контроллера вожатого вертикальные линии отвечают положениям рычага контроллера. Арабскими цифрами обозначены ездовые положения (в направлении от *0* к *19*) и рекуперативные (в направлении от *19* к *0*). Римскими цифрами обозначены положения реостатного торможения. Буквами X_1, X_2 и X_3 обозначены переходные положения. Горизонтальные линии отвечают отдельным кулачковым шайбам контроллера. Заштрихованные горизонтальные полоски отвечают впадинам кулачковых шайб при прохождении роликов контакторов контроллера, по которым соответствующие контакторы замыкаются.



Фиг. 91. Схема блокировок: *а* — замыкают контакты при разомкнутом контакторе и размыкают при замкнутом: *б* — замыкают контакты при замкнутом контакторе и размыкают при разомкнутом.

15. В таблице включений контакторов (справа внизу) горизонтальные графы отвечают отдельным контакторам, вертикальные графы — положениям рычага контроллера. Кружками обозначены замыкания контакторов.

16. Аппарат для реверсирования двигателей состоит из реверсора, помещенного под вагоном. Кулачковые шайбы в контроллере, механически поворачиваемые реверсивной рукояткой контроллера, замыкают реверсивные контакты в контроллере и в этом случае посылают ток в провода *8А* или *9А*, ведущие к реверсору.

В зависимости от того, какой из проводов — *8А* или *9А* — окажется под напряжением, барабан реверсора поворачивается в одном или другом направлении и тем определяет направление движения вагона.

Для лучшего уяснения схемы разберем предварительные включения, производимые вагоновожатым перед выходом вагона на линию.

1. Проверяют положение отключателя групп двигателей (моторов) *ОМ*, которое должно отвечать присоединению групп двигателей. На отключателе двигателей имеется ряд контактов, 4 контакта в силовой цепи: *01—02—03*; *04—05—06*; *015—016—017* и *018—019*; три контакта в шунтовой цепи: *07—08—09*; *010—011* и *012—013—014* и один контакт *ОМ* в цепи управления.

При всех четырех включенных моторах положение ножей отключателя моторов отвечает изображенному на фиг. 89 (крестиком на этих ножах обозначается точка, которая может быть перекинута по вертикали на 180°).

2. Замыкают выключатель мотор-компрессора *ВУ* компрессора (его называют также *ВК*).

3. Замыкают выключатель цепи управления *ВУ* управления.

4. Включают автомат *АВ*.

5. Поднимают пантограф.

6. Надевают реверсивную рукоятку контроллера вожатого *КВ-11* (развертка его показана слева внизу схемы) и переводят ее в положение «вперед».

При переводе реверсивной рукоятки контроллера в это положение реверсивные кулачковые шайбы в контроллере, отвечающие езде вперед, замыкают контакты, включенные в провода *8* и *11А*.

В результате всех этих предварительных включений получается следующее.

Ток из контактного провода проходит через замкнутый выключатель управления и предохранитель в нем, далее — через контакт в проводе *11А* через подъемную катушку контактора S_1, сопротивление в 3000 ом и уходит в землю. В результате возбуждения подъемной катушки контактора S_1 замыкается этот контактор.

Замыканием этого контактора S_1 создается цепь возбуждения шунтовых обмоток моторов с включенным шунтовым сопротивлением.

Действительно, ток возбуждения проходит от контактного провода через токоприемник, автоматический выключатель *АВ*, 20-амперный предохранитель (в ящике предохранителей *ЯП*), контактор S_1, полное шунтовое сопротивление — r_1—r_3, шунтовые обмотки моторов *1*, *3* и *2*, *4* и уходит в землю.

К шунтовым обмоткам параллельно включено уравнительное сопротивление, равное 229 ом. Ток в шунтовой обмотке при этом порядка 2 а. Так как эта цепь создается помимо контроллера, то, следовательно, этот двухамперный ток на остановках вагона не

выключается. Несмотря на то, что этот ток вызывает на остановках небольшой непроизводительный расход энергии, сделано это сознательно, так как выключение на каждой остановке индуктивной шунтовой цепи, даже при наличии параллельно включенного безиндуктивного сопротивления, безусловно вредно отзывалось бы на тяговых двигателях.

Цель установки контактора S_2, включенного при всех положениях рычага контроллера (см. таблицу включения контакторов), заключается в том, что при снятии реверсивной рукоятки автоматически выключаются цепи силовая, управления и шунтовая (остаются лишь вспомогательные цепи), так как выключены контакторы и линейный контактор LB и контактор S_1. Выключение сильно индуктивной шунтовой цепи производится только в тех случаях, когда вожатый оставляет вагон и снимает реверсивную рукоятку. Выключение происходит контактором S_1, имеющим требующееся дугогашение.

47. Последовательное включение групп двигателей

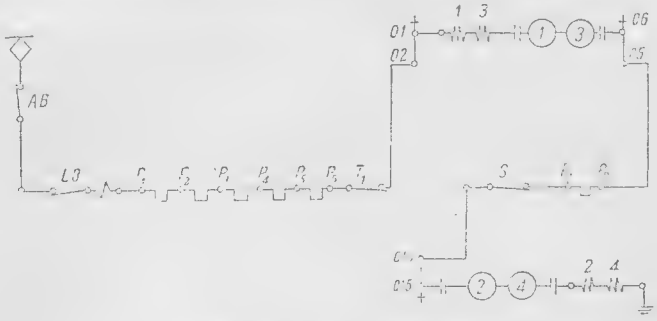
Положение рычага контроллера *1—10*

Так как через все восемь первых положений развертки контроллера (и далее) по второй и предпоследней горизонтальной линии сверху идут заштрихованные полосы, то, следовательно, всем этим положениям рычага во второй и тринадцатой кулачковых шайбах отвечает впадина и, следовательно, на всех этих положениях замкнуты соответственные контакторы контроллера, а это создает замкнутую цепь управления: пантограф — автомат — предохранитель — контактор S_1 — провод *9Е*, реверсивный контакт — провод *8* — провод *8А*, реверсор — провод *8Б* — блокировка T_2 — провод *8Г*, блокировка T_3 — провод *8Д*, — подъемная катушка линейного контактора LB — провод *8Е* — подъемная катушка контактора T_1 — провод *8Ж* — сопротивление в 450 ом — провод *16* — контакт реле максимального напряжения *РМН* — земля. Цепь остается замкнутой до тех пор, пока подъемная катушка не притянет контакта реле максимального напряжения. Притянет же она только в том случае, если вследствие рекуперации данного вагона или других вагонов этого типа напряжение между контактным проводом и землей превысит 750 в, на которые установлено *РМН*.

В рассмотренную ветвь цепи управления, как мы видели, включены подъемные катушки линейного контактора и контакторов T_1 и S_1, что вызывает в силовой цепи замыкание соответствующих контакторов. Вследствие этого на первом положении создается силовая цепь, показанная на фиг. 92, отвечающая последовательному соединению групп двигателей с предвключением всех сопротивлений, в том числе и переходного R_7—R_8.

В дальнейшем на втором положении кулачковая шайба включает провод *10* и подъемную катушку контактора TR, вследствие срабатывания контактора TR закорачивается сопротивление

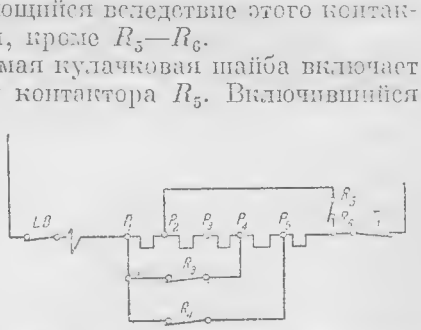
R_7—R_8. На третьем положении четвертая кулачковая шайба включает провод *2* и подъемные катушки контакторов R_2 и S_2, (о включении контактора сказано ниже при рассмотрении шунтовой цепи). Включение же контактора R_2 закорачивает ступень R_1—R_3. На четвертом положении замыканием контактора R_1 закорачивается еще и ступень R_1—R_2. Это замыкание контактора



Фиг. 92. Последовательное соединение двигателя и пускового реостата

R_2 вызывается тем, что третья кулачковая шайба включает провод *1* (блокировка P включается) и возбуждает подъемную катушку контактора R_1. На пятом положении пятая кулачковая шайба включает подъемную катушку контактора R_3. Контактор же этот закорачивает ступени R_1—R_2, R_2—R_3 и R_3—R_4. На шестом положении шестая кулачковая шайба включает провод *4* и возбуждает катушку контактора R_4. Включающийся вследствие этого контактор R_4 закорачивает все ступени, кроме R_5—R_6.

На седьмом положении седьмая кулачковая шайба включает провод *5* и возбуждает катушку контактора R_5. Включившийся контактор R_6, как видно на фиг. 93, включает параллельно ступени сопротивления P_1—P_2 и P_5—P_6.



Фиг. 93. Параллельное включение секций P_1 P_2 и P_5 P_6.

Результирующее сопротивление при этом получается меньше P_1—P_2 и P_5—P_6.

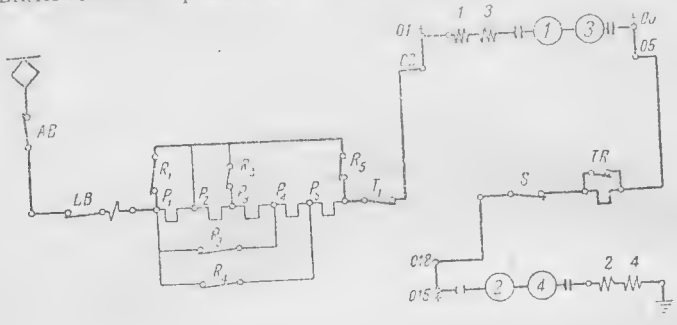
Полное выключение пускового сопротивления достигается на восьмом положении, когда вновь включаются провода *1* и *2* и возбуждаются катушки контакторов R_1 и R_2. Включением контактора R_1 создается схема фиг. 94, при которой все пусковое сопротивление полностью закорачивается.

Рассмотрим шунтовую цепь на тех же восьми положениях рычага контроллера. Как видно из схемы, на всех восьми положениях 9-я, 10-я и 11-я кулачковые шайбы включают провода *13*, *14* и *15*, чем возбуждают подъемные катушки контакторов S_3,

S_4 и S_5. Контакторы S_4 и S_5 закорачивают все шунтовые сопротивления и, следовательно, моторы получают максимальное возбуждение. Замыкание контактора S_3 при замкнутых контакторах S_4 и S_5, так же как и замыкание контактора S_2 на 3-м, 4-м, 5-м и 8-м положениях, влияния на шунтовую цепь не имеет.

Как легко усмотреть из схемы, на девятом и десятом положениях никаких изменений в положении силовых контакторов по сравнению с восьмым положением не происходит. Следовательно, последовательное соединение групп моторов без пусковых сопротивлений сохраняется.

На девятом положении 11-я кулачковая шайба выключает ранее включенный провод *15* и тем самым лишает возбуждения



Фиг. 94. Последовательное соединение групп двигателей с закороченным пусковым реостатом.

катушку контактора S_5. Выключенный контактор S_5 включает на девятом положении ступень шунтового реостата r_4—r_5, а выключенный контактор S_4 включает на десятом положении ступень шунтового реостата r_3—r_4.

Таким образом, при переводе рычага контроллера с нулевого положения в десятое группы двигателей включены последовательно. От первого до восьмого положения пусковой реостат постепенно выключается. После выключения всего реостата на восьмой ступени дальнейшее увеличение скорости достигается ослаблением шунтового поля моторов.

При обратном движении рычага в направлении от восьмого положения к нулевому происходит рекуперативное торможение.

Следующие три положения рычага после десятого —X_1, X_2 и X_3 отвечают переходу от последовательного соединения групп двигателей к параллельному.

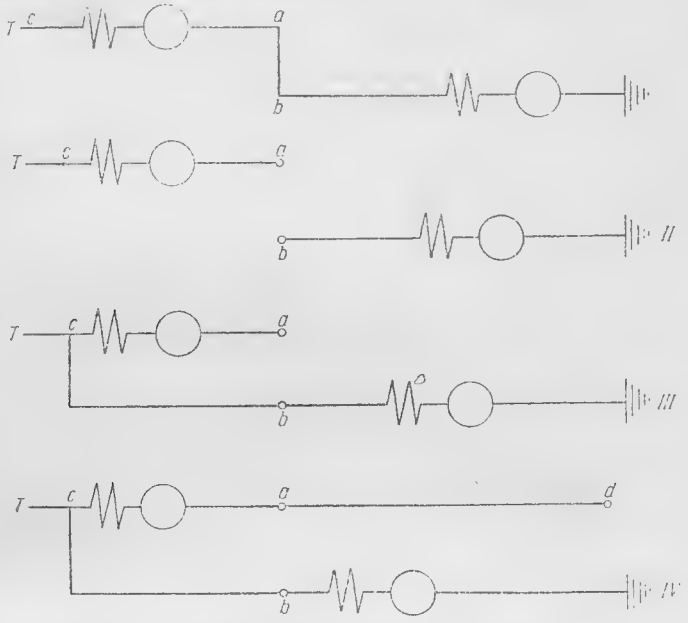
48. Переходные положения от последовательного соединения групп двигателей к параллельному

Переходные ступени имеют особенно важное значение в каждой схеме, так как на этих ступенях при производимых переключениях возможны резкие изменения силы тяги, вызывающие толчки вагона и большое искрение на контактах при разрыве тока.

При переходе от последовательного соединения двигателей к параллельному всегда производятся следующие три операции (фиг. 95, *I*, *II*, *III*, *IV*) (обязательное предвключение сопротивления в этих схемах не рассматривается).

1. Разрывается связь между точками *a* и *b* (фиг. 95, *II*).
2. Точка *b* соединяется с точкой *c* (фиг. 95, *III*).
3. Точка *a* соединяется с точкой *d* (фиг. 95, *IV*).

При различных системах эти операции производятся в разном порядке. Если произвести эти операции в описанном порядке, то получится простейшая, но уже давно оставленная система с разрывом тока, при которой временно совершенно исчезает сила тяги, и вследствие этого вагон получает большой толчок.



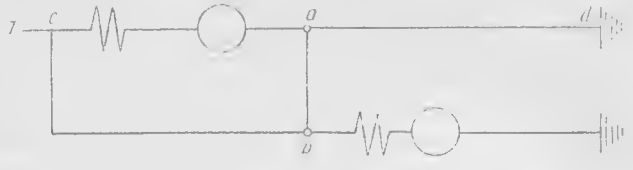
Фиг. 95. Переходные положения с разрывом цепи.

При выполнении сначала второй операции, а затем первой, получается система с шунтированием одного двигателя, при которой исчезает сила тяги только одного двигателя. Система очень часто применяется в обычных трамвайных вагонах, но характеризуется также толчком в силе тяги, хотя и меньшим.

Теоретически лучшей схемой является такая, при которой обе операции — вторая и третья — производятся одновременно, а после них — первая операция. В этом случае получается следующая схема переходного соединения (фиг. 96).

Практически в этом простейшем виде схема неосуществима, так как создается непосредственное замыкание от контактного провода на землю *cbad*.

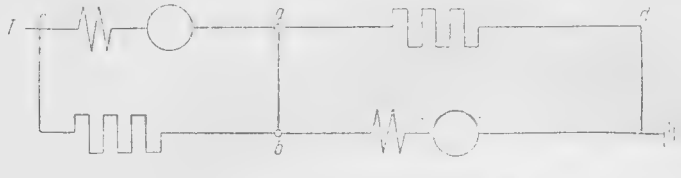
Схема становится практически пригодной, если в ветвь *cbad* включить сопротивление. Это сопротивление можно так распределить между ветвями *cb* и *ad*, чтобы *ab* представляло собой мо-



Фиг. 96. Переход с шунтированием одного двигателя.

стик (фиг. 97), и в этом случае *ab* можно было бы разорвать, когда в мостике *ab* ток будет практически приближаться к нулю.

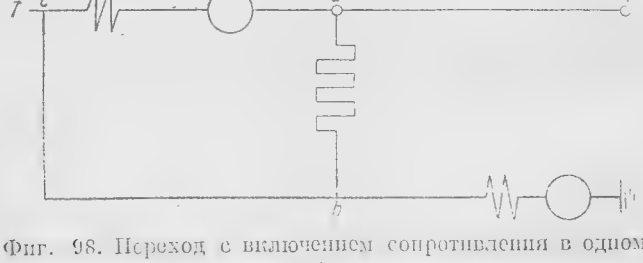
Это переходное положение при помощи мостика сложно, редко применяется в трамвайных вагонах, подобрать сопротивле-



Фиг. 97. Мостиковый переход.

ние в обеих ветвях так, чтобы ток в мостике действительно практически равнялся нулю, трудно; искрение при разрыве мостика наблюдается.

В последнее время стали применять более простую схему, в которой сопротивление в ветви *cbad* не разбито на два, а сосредо-

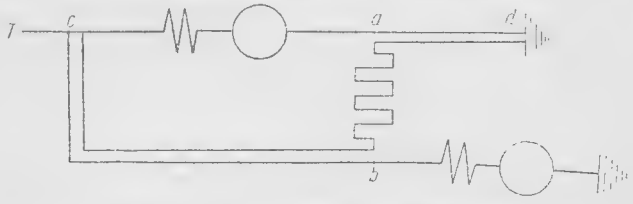


Фиг. 98. Переход с включением сопротивления в одном месте.

точено в одном месте — в проводе *ab* (фиг. 98). Сопротивление это может быть выбрано таким, чтобы ток в проводе *ab* перед разрывом его был так мал, чтобы не вызывал вредного искрения. Тогда получаются три параллельных ветви, идущие от токоприемника к земле (фиг. 99).

Примечание. Ради простоты в разобранных схемах фиг. 95, 96, 97, 98 и 99 вместо четырех двигателей изображены два двигателя.

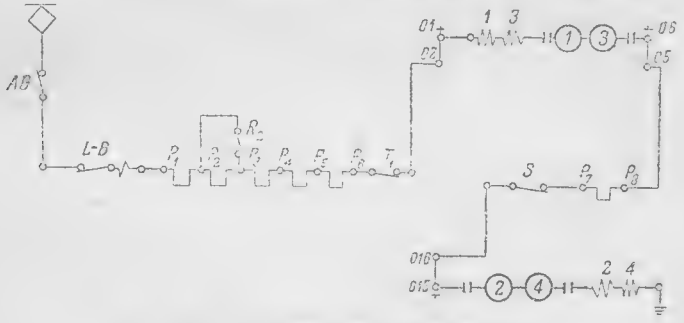
Разумеется, в переходном положении, когда после того как были последовательно включены две группы двигателей без сопротивлений включается одна группа в цепь, необходимо для уменьшения силы тока в цепи включить большое сопротивление. Это сопротивление остается включенным на всех трех переходных положениях. Из этих трех переходных положений — X_1, X_2 и X_3



Фиг. 99. Переходное положение X_2.

действительно переходным положением, собственно говоря, является только одно X_2. Положение X_1 является еще последовательным соединением групп, а положение X_3 — параллельным соединением, но в обоих этих положениях включено сопротивление, нужное при переходе от последовательного соединения к параллельному.

Как видно из общей схемы (фиг. 89), в положении X_1 по сравнению с положением десятым выключаются провода *1*, *3*, *4*.



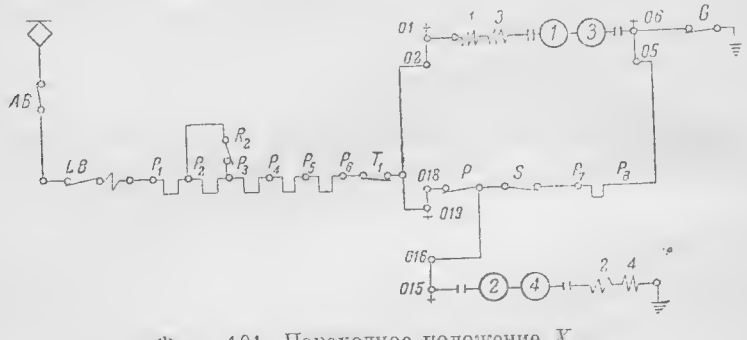
Фиг. 100. Переходное положение X_1.

5 и *10*, что вызывает обесточивание подъемных катушек контакторов R_1, R_3, R_4, R_5 и RT. Этим достигается выключение соответствующих контакторов и осуществление схемы силовой цепи по фиг. 100, в которой включены все сопротивления, в том числе P_7—P_8, но без одной ступени — R_2—R_3.

Последнее практического значения не имеет и делается только потому, что управление контакторами R_2 и S_2 простоты ради не

производится раздельно, контактор же S_2 на этом положении должен быть включен. На положении X_2 четырнадцатой кулачковой шайбой включается в первый раз провод *12*. Рассмотрим ветвь цепи управления, ответвляющуюся между подъемными катушками контакторов T_1 и S.

Ветвь идет через блокировку TR, подъемные катушки контакторов G и P (в первый раз включаются), провод *8а* и подходит к контактам реле выдержки времени PB. Ветвь замкнулась бы дальше через провод *8л* и замкнутые контакты реле максимального напряжения PMH на землю. Но это замыкание ветви возможно только в том случае, если возбужденная подъемная катушка реле времени притянет якорь и замкнет им контакты этого реле. Это и происходит, так как один конец подъемной катушки реле выдержки времени через провод r_5 получает потенциал контактного провода, а другой через провод *12*, контактор *12* контрол-



Фиг. 101. Переходное положение X_2.

лера, провод *8л* и контакт реле максимального напряжения соединен с землей.

Это включение контакторов P и G, осуществляющее параллельное соединение групп двигателей, происходит с некоторым замедлением, так как вызывается сработкой реле выдержки времени. Эта небольшая выдержка времени при включении двигателей значения не имеет. Реле выдержки времени приобретает значение при быстром сбросе нагрузки переводом рычага контроллера на нуль. На положении X_2 схема осуществляется по фиг. 101, принципиально не отличающейся от рассмотренной схемы фиг. 99.

На положении X_3 кулачковая шайба *13* выключает контактор *16* и вместе с тем выключает подъемную катушку контактора. Ненужный на параллельном соединении групп двигателей контактор S выключается.

Выключение четырнадцатой кулачковой шайбой контакта *12*, а, следовательно, и подъемных катушек P и G происходит на всех положениях параллельного соединения групп, в том числе и на положениях реостатного торможения, при котором группы двигателей также включены параллельно.

49. Параллельное включение групп двигателей

Положения 11—15 соответствуют постепенному закорачиванию ступеней пускового сопротивления при неизменном полном шунтовом поле.

На положениях 11, 12 и 13 совершенно аналогично тому, как на ступенях *5*, *6* и *7* происходит включение проводов *3*, *4* и *5*, чему соответствует включение подъемных катушек контакторов R_3, R_4 и R_5 и вследствие чего соответственные контакторы закорачивают ступени пускового реостата. На положении 11 закорачивается ступень P_1—P_2, на положении 12—еще добавочно P_4—P_5.

На положениях 13 и 14 включением проводов *5* и *2* производится включение контакторов R_5 и R_2, благодаря которому на положении 13 параллельно включаются ступени P_1—P_2 и P_5—P_6, а на положении 14 параллельно включаются три ступени P_1—P_2, P_3—P_6 и P_4— P_5.

Наконец, на 15-й ступени включением провода *1* включается подъемная катушка контактора R_1 и закорачивается весь пусковой реостат. Кроме того, 12-я кулачковая шайба включает провод *7* и возбуждает подъемную катушку контактора R.

Шунтовое возбуждение на всех этих ступенях остается полным, так как весь шунтовой реостат закорочен (выключение шунтового контактора S_2 на 12-м и 13-м положениях при включенном контакторе S_2 схемы не изменяет).

На положениях 16 — 19 никаких новых включений или выключений проводов, питающих подъемные катушки силовых контакторов, не происходит (выключение контактора R_2 при закороченном реостате на 19-м положении схемы не изменяет).

На положениях рычага от 11-го до 15-го моторы работают с полным шунтовым возбуждением, так как замкнуты все шунтовые контакторы (отключение контактора S_2 на 12-м и 13-м положениях при замкнутом контакторе S_2 возбуждения не изменяет).

На 16-м, 17-м и 18-м положениях кулачковые шайбы *11*, *10* и *9* последовательно выключают контакторы S_5, S_4 и S_3, уменьшая постепенно возбуждение. Наконец, на 19-м положении шайба *4* одновременно с контактором R_2 выключает контактор S_2, вызывая минимальное возбуждение.

50. Рекуперативное торможение

Рекуперативное торможение не требует специальной схемы. Ходовая схема остается без изменений. Рекуперация энергии наступает тогда, когда действительная скорость вагона выше той, которая отвечает данному положению рычага.

В схеме, применяемой для хода и рекуперации, мы встречаем три блокировки — TR, S и P (о блокировках T_2 и T_3 сказано ниже).

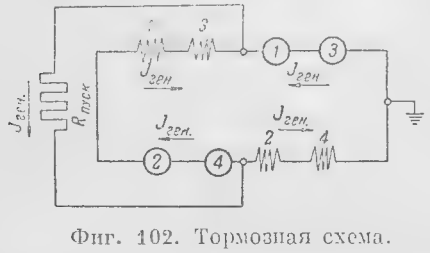
Блокировки эти гарантируют правильную последовательность включения основных контакторов.

Путь в провод 8 и через блокировку TR, согласно таблице включений контакторов, должен существовать только на переходных и параллельных положениях, т. е. тогда, когда контактор TR выключен. Блокировка TR закрывает путь току управления на сериесных положениях.

Как видно из схемы, ветви цепи управления, в которые включены подъемные катушки контакторов R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 и R_6, замыкаются на землю только через блокировку S_1 или через блокировку P. Следовательно, ни один из этих контакторов не может включиться, если одновременно замкнулись контакторы S и P. Названные же контакторы, как видно из той же таблицы, должны оставаться открытыми только на переходных положениях, когда оба контактора должны быть одновременно включены.

51. Реостатное торможение

Если для рекуперативного торможения не требуется никакого изменения схемы, то реостатное торможение (положения *I—VI*) действует только при осуществлении специальной схемы реостатного торможения. Самым характерным для этой схемы является то, что при переходе через нулевое положение и во всем дальнейшем вторая кулачковая шайба контроллера выключает контактор, приключенный к проводу *9Б*, вследствие этого лишается возбуждения подъемные катушки линейного контактора LB и контактор T, которые отключают силовую цепь от контактного провода. Включается же на всех тормозных положениях ветвь цепи управления (первая кулачковая шайба) и продолжает быть включенным контактор в проводе *12* (четырнадцатая кулачковая шайба).



Фиг. 102. Тормозная схема.

Следовательно, цепь управления от замкнутого контактора S_1 идет по проводу *6*, возбуждая включенные в него катушки контакторов T_2 и T_3 (тормозные контакторы), замыкается на землю, так же как и при ходовых положениях с параллельно включенными группами моторов. Включенные в провод *6* блокировки LB и T_1 гарантируют, что при реализации тормозной схемы силовая цепь будет отключена от контактного провода.

Включением контакторов T_2 и T_3 осуществляется схема реостатного торможения (фиг. 102).

На первом тормозном положении все тормозные (они же пусковые) сопротивления остаются полностью включенными, шунтовое же поле несколько ослаблено замыканием контактора S_3. На втором положении контактором R_2 закорачивается ступень $P_1—P_2$ (включение контактора S_2, связанного с R_2, схемы не изменяет).

На третьем положении контактором R_1 закорачивается добавочно ступень P_1—P_3. Шунтовое поле возрастает вследствие включения контактора.

На четвертом положении замыкается контактор R_3. шунтовое же поле остается без изменений.

На пятом положении контактор R_4 производит дальнейшее закорачивание тормозных ступеней, а контактор S_5 вызывает полное шунтовое возбуждение.

На последнем, шестом, положении при замкнутых контакторах R_3. R_1 и R_5 получается параллельное включение ступеней P_1—P_2 и P_5—P_6. Шунтовое возбуждение остается полным.

Из сказанного следует, что для того, чтобы осуществилось реостатное торможение, необходимо, чтобы в сети было напряжение, при котором только и может замкнуться контактор S_1.

Случаи, когда отсутствует напряжение в контактном проводе в трамвайных сетях, нередки. Если бы не было сделано специального приспособления, при помощи которого и в этом случае можно было бы тормозить обычным переводом рукоятки контроллера в положение реостатного торможения, то в распоряжении вожатого в этом случае оставался бы лишь крач машиниста. Для того, чтобы не заставлять вожатого в такие критические секунды переходить от одного привода тормоза к другому, в самом контроллере установлен специальный вентиль, управляемый электромагнитной катушкой, включенной в провод *6*.

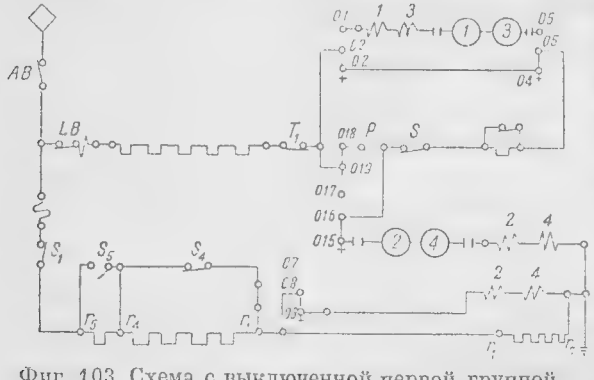
Вентиль имеет две блокировки — механическую и электрическую. Только когда сработают обе блокировки, вентиль сообщает воздушный резервуар с тормозным цилиндром. Механическая блокировка действует только на реостатно-тормозных положениях рычага контроллера от *II* до *VI*. Электрическая блокировка действует только при отсутствии тока в проводе *6*, а следовательно, при отсутствии напряжения в контактной сети. Отсюда следует, что,— совершенно безразлично, будет ли напряжение в контактной сети или исчезнет,— при переводе рычага контроллера в положение реостатного торможения получится торможение. Разница лишь в том, что в первом случае оно будет электрическим реостатным, а во втором — пневматическим.

О б р а т н ы й х о д вагона зависит от положения реверсивной рукоятки контроллера. Ток поступает в провод *8А* или *9А* и тем самым поворачивает барабан электромагнитного реверсора. При этом повороте переключаются якори моторов, что вызывает реверсирование хода вагона.

52. Работа на одной группе двигателей

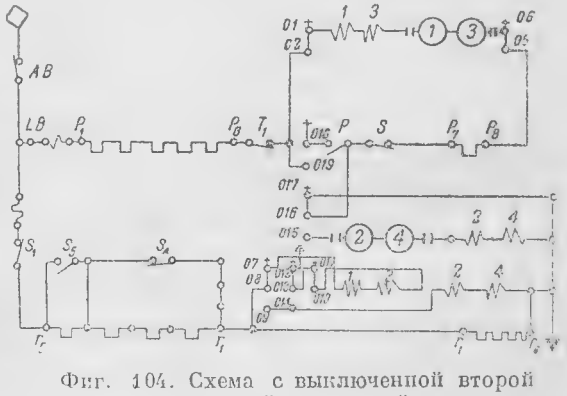
Отключателем двигателей (моторов) *ОМ* вручную может быть отключена одна или другая группа двигателей или обе группы, что делается при проверке секвенции (правильная последовательность включения контакторов) или при осмотре двигателей.

При отключении первой группы двигателей получается схема фиг. 103. Из этой схемы видно, что на сериесных положениях рычага контроллера будут осуществляться все те же переключения сопротивлений в цепи управления, в силовой и шунтовой цепях. Исключение представляет лишь контактор S_5, включение которого не происходит, так как в провод *15* включена блокировка *ОМ* этого контактора. Это запрещение включения контактора S_5 объясняется тем, что при включенной шунтовой обмотке второй группы двигателей, представляющей собой большое сопротивление, нельзя отключать полностью все ступени шунтового реостата, так как это вызвало бы недопустимое повышение шунтового тока.



Фиг. 103. Схема с выключенной первой группой двигателей.

При переходе на положения параллельного включения групп соответствующие этим положениям схемы не реализуются, так как включение необходимых при параллельном соединении групп контакторов P и G в данном случае никакого влияния на схему оказывать не будет, и схема останется такой, какая отвечает сериесному соединению групп. На фиг. 104 показана схема, отвечающая отключению второй группы двигателей. Здесь нужно отметить, что разобщение точек *018* и *019* произведено тем же отключателем *ОМ*. Это разобщение, как видно из фиг. 104, необходимо, так как если бы оно не было произведено, то при включении контактора P на параллельных положениях получилось бы непосредственное короткое замыкание от токоприемника через контакты *018—019* и контактор P на землю.



Фиг. 104. Схема с выключенной второй группой двигателей.

В шунтовой цепи при отключении второй группы двигателей нож отключателя *014—013* перебрасывается в положение *013—*

012. При отключении первой пары двигателей нож отключателя из положения *08—07* перебрасывается в положение *08—09*, а нож из положения *010—011* становится в нижнее положение, отвечающее размыканию. Этот последний нож имеет следующее назначение. Отключается всегда аварийная группа двигателей. Не реже других аварий бывают пробои шунтовой обмотки на землю. В этом случае фактическое отключение шунтовых обмоток первой группы двигателей без размыкания ножа *01—010* не произошло бы, так как один конец обмоток остается под напряжением, и ток будет продолжать проходить через обмотки и их дефектное место в землю.

При отключенной одной группе двигателей пользоваться реостатным торможением не следует, причем при отключении первой группы (моторы *1* и *3*) реостатного торможения не получается и фактически.

Как видно из схемы, при реостатном торможении мы можем отключателем двигателей *ОМ* одновременно выключать только якори второй группы двигателей и сериесные обмотки первой группы. В силовой цепи остаются, следовательно, якори первой группы двигателей и сериесные обмотки второй группы. При том положении отключателя, которое на ходовых положениях отвечает отключению первой группы двигателей в шунтовой цепи, получается шунтовая обмотка второй группы двигателей. Такая схема, в которую не включено ни одного якоря, разумеется, не может дать тормозного эффекта. Другое дело, когда отключатель *ОМ* ставится в положение отключения второй группы двигателей (на ходовом режиме). Тогда в цепи находятся якори и шунтовые обмотки одной и той же первой группы двигателей. Такая схема дает тормозной эффект, но так как отключение в этом случае могло быть произведено по причине аварии сериесной обмотки второй группы, которая при торможении окажется не отключенной, то и в этом случае пользоваться реостатным торможением не следует, а нужно переходить на воздушный тормоз.

53. Защита от перенапряжений и чрезмерных токов

При отсутствии нагрузки в сети или на подстанции рекуперация, примененная на данном вагоне или на другом вагоне, находящемся на том же участке, может вызвать перенапряжение в сети. Для защиты оборудования от чрезмерного напряжения в сети установлено на вагоне реле максимального напряжения *РМН* (фиг. 89).

Действие этого реле заключается в том, что как только напряжение в контактном проводе превысит 700 в, катушка реле, получив большое возбуждение, притянет свой якорь и тем отъединит и провод *16* и провод *8 л* от земли, контакторы *S*, *P* и *G* выключатся, а следовательно, цепь управления окажется выключенной независимо от того, будут ли группы двигателей в этот момент включены последовательно или параллельно.

При сбрасывании нагрузки (быстрый перевод рычага контроллера в нулевое положение, например, перед прохождением участкового изолятора) рычаг проходит все положения в направлении рекуперации, в том числе и положение последовательного соединения групп двигателей. Если сброс нагрузки происходит при больших скоростях, то четыре последовательно соединенных двигателя дадут тоже большое повышение напряжения в сети.

Поэтому нужно предотвратить в этом случае то, чтобы собралась схема последовательного соединения групп двигателей. С этой целью в вагоне установлено реле выдержки времени PB (фиг. 89). Реле это притягивает свой якорь с некоторой выдержкой времени.

При переводе рычага с положения X_2 в положение X_1, когда уже должны были выключиться контакторы P и G, должен был остаться только контактор S, осуществляющий последовательное соединение групп, отпадание якоря реле PB задерживается, и во время перевода рычага контроллера в нулевое положение вместо схемы последовательного соединения групп получается схема, отвечающая положению X_2, с включенными всеми тремя основными контакторами.

Опасное в данном случае последовательное соединение групп не осуществляется. Перенапряжение не появляется, тем более, что сопротивление $P_1 - P_8$ служит некоторой нагрузкой для генерирующих моторов.

Защитой от чрезмерных токов служит реле перегрузки линейного контактора LB. При появлении чрезмерных токов реле притягивает якорь, ток вследствие этого не протекает по подъемной катушке линейного контактора, и контактор выключается. Для того чтобы якорь реле отпал и линейный контактор вновь получил возбуждение и вследствие этого включился, необходимо рычаг контроллера возвратить в нулевое положение, на котором цепь тока, питающая реле, прервется.

54. Понятие об автоматическом пуске

Разобранная выше контакторная система управления поездом не является автоматической системой управления.

Сущность автоматической системы управления заключается в том, что водитель сразу ставит рукоятку контроллера на ходовое положение, и уже вне зависимости от него все промежуточные позиции получаются с определенной выдержкой времени.

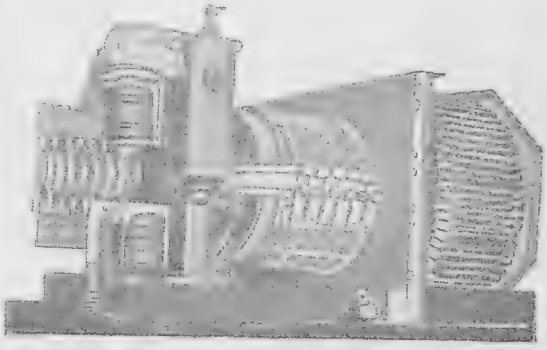
Выдержку времени между отдельными позициями производит специальное реле ускорения, через катушки которого проходит ток силовой цепи и колебания которого производят включение или выключение реле ускорения, действующего на цепь управления.

Последним достижением электротранспортной техники является коллекторный пуск. При коллекторном пуске переключения в силовой цепи производятся не с помощью контакторов, а движе-

лием особой щетки по коллектору, аналогичному тому, который устанавливается на генераторах и моторах.

К отдельным пластинам коллектора присоединяются секции пусковых положений, доходящих до 250 при трогании с места и до 500 при электродинамическом торможении, что обеспечивает плавность пуска и торможения.

Аппарат управления для коллекторного пуска при этом получается совершенно новой конструкции, как это видно из фиг. 105, где приведен основной аппарат управления вагоном—контроллер, изготовленный американской фирмой Вестингауз для трамвайных четырехосных вагонов типа PCC, а также ленинградским трамваем для четырехосных вагонов изготовления Ленинградского ВАРЗ. Управление вагоном необычайно просто, так как щетки обычно вращаются по коллектору небольшим сервис-мотором, питаемым от вспомогательной батареи, при этом соблюдается автоматическая выдержка времени на позициях при помощи реле ускорения.



Фиг. 105. Контроллер управления для коллекторного пуска.

Указанные трамвайные вагоны оборудованы четырьмя тяговыми электродвигателями на напряжение в 300 в каждый, соединенными по два постоянно последовательно. Часовая мощность двигателей — 41 квт, а продолжительная — 35 квт; число оборотов якоря при часовой и длительной мощности соответственно 1670 и 1820 в минуту, максимальное число оборотов — 4800 в минуту.

Двигатель — круглой формы, наружный диаметр 400 мм, вес 315 кг.

55. Аппараты управления

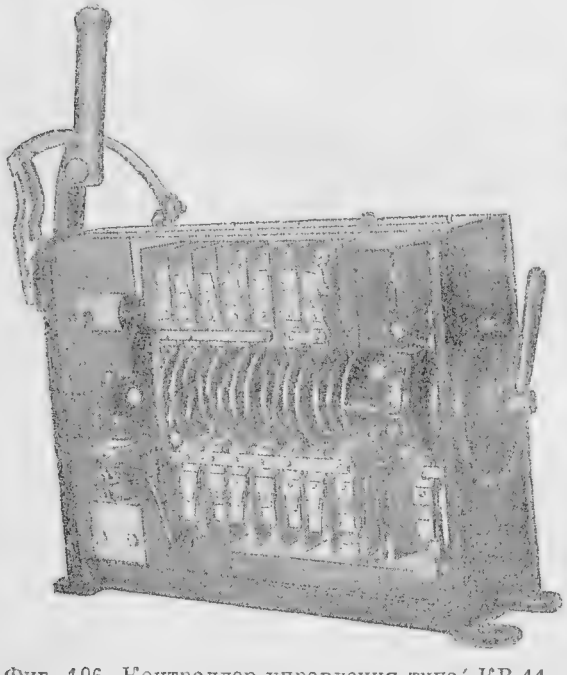
После ознакомления со схемой фиг. 89 необходимо хотя бы кратко познакомиться с устройством основных аппаратов управления и с приборами вспомогательной электрической цепи вагонов.

Контроллер типа КВ-11 (фиг. 106) имеет сварной корпус, в основании которого сделано отверстие для подвода проводов цепи управления к кулачковым контактным элементам.

На контроллере имеются две рукоятки — главная и реверсивная. С помощью главной (несъемной) рукоятки осуществляется вращение главного кулачкового вала. Реверсивная (съемная) рукоятка предназначена для поворота реверсивного кулачкового

вала. Оба вала сблокированы таким образом, что вращение главного кулачкового вала становится возможным лишь в случае установки реверсивной рукоятки в положение «вперед» или «назад». Равным образом реверсивный вал может быть повернут только в том случае, если главная рукоятка контроллера, а следовательно, и вал контроллера, установлены в нулевое положение.

Главная рукоятка контроллера расположена в вертикальной плоскости. Движение этой рукоятки вперед соответствует разгону вагона, а движение назад — торможению.



Фиг. 106. Контроллер управления типа КВ-11 (кожух снят).

На конце рукоятки имеется выдвижная кнопка, которая на ходовых позициях выступает примерно наполовину своего хода, на всех же реостатных и переходных позициях она выступает полностью. При переходе с хода на реостатный тормоз и наоборот, т. е. при переходе через нулевую позицию, необходимо кнопку нажать доотказа и этим освободить защелку, которая запирает рукоятку, не позволяя при сбрасывании на нуль «перескочить» через нулевую позицию.

Главный кулачковый вал помещен в средней части контроллера, между верхней и нижней панелью с кулачковыми элементами; последние расположены в шахматном порядке по отношению к кулачковым шайбам. Реверсивный вал расположен по той же оси, что и главный, и сблокирован с ним механической блокировкой. Контроллер установлен под сиденьем водителя, причем главная рукоятка несколько выступает над подушкой сиденья с левой стороны (по ходу вагона).

В контроллере имеется электропневматический вентиль выключающего типа. Этот вентиль так сблокирован с главным валом, что при отсутствии тока в катушке вентиля он, начиная со второй позиции реостатного торможения, автоматически производит пневматическое торможение в том случае, если главный вал повернут на положение реостатного торможения.

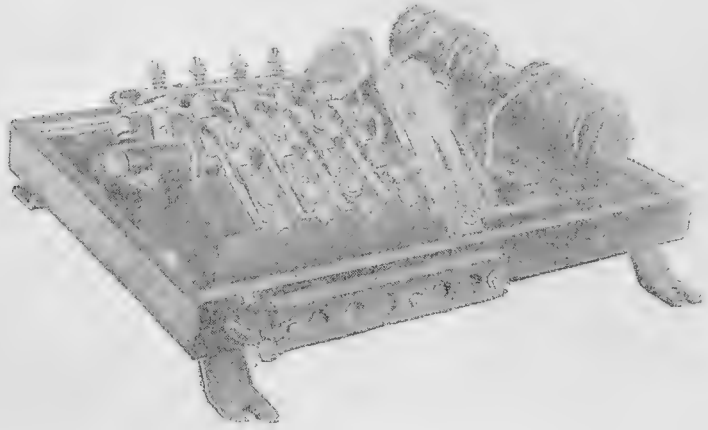
56. Реверсор электромагнитный типа МР-2В

Реверсор с электромагнитным приводом типа МР (фиг. 107) предназначен для изменения направления движения вагона. Реверсор электрически сблокирован с силовыми контакторами и с контроллером таким образом, что переключение силовых моторных цепей на его контактах производится всегда без тока.

Эта блокировка заключается в следующем.

а) Контакторы не могут включиться прежде чем реверсор не займет одно из своих рабочих положений «вперед» или «назад», что обеспечивается электрической блокировкой в самом реверсоре.

б) Перевод реверсора из одного рабочего положения в другое может происходить только при выключенных контакторах, что обеспечивается соответствующей электрической и механической блокировкой в контроллере управления.



Фиг. 107. Электромагнитный тормозной контроллер, или реверсор.

Реверсор установлен под кузовом и подвешен к раме вагона на изоляторах. При желании реверсор может быть смонтирован также внутри вагона — под диваном или в специальной нише. Реверсор состоит из следующих основных частей: железного ящика с откидным съемным кожухом, деревянных реек с пальцами, барабана реверсора и электромагнитного привода.

Два пальца цепи управления имеют искрогасительное устройство для надлежащего разрыва тока управления при повороте реверсора из одного рабочего положения в другое. Конструкция силовых пальцев допускает регулировку их.

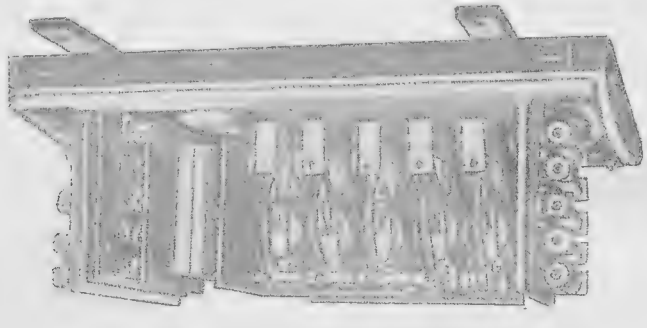
Барабан реверсора состоит из латунных отливок — сегментов, собранных на стальном валу, опрессованном изоляцией.

Барабан приводится в действие электромагнитным приводом, имеющим две катушки — «вперед» и «назад», управляемые от контроллера вожатого. Электромагниты плунжерного типа при вклю-

чении передвигают железный плунжер, в вырезе которого ходит ползун; последний шарнирно связан с кривошипом, насаженным на вал реверсора. Барабан реверсора имеет лишь два положения — «вперед» и «назад».

57. Контакторные ящики типа ЯК-20

Контакторные ящики (фиг. 108), из которых два ящика с силовыми контакторами и один с шунтовыми контакторами и реле, конструктивно не отличаются друг от друга. Ввод проводов производится через деревянные планцы, расположенные по длине ящика. Силовые провода подводятся непосредственно к аппаратам,



Фиг. 108. Ящик контакторов.

а провода управления — к клеммовым доскам. Ящик имеет две съемные крышки, которые сверху подвешены на петлях, а снизу запираются замками. Ящики имеют войлочное уплотнение, предохраняющее аппараты от попадания пыли, грязи и брызг воды. Ящик подвешивается под кузовом к раме вагона на фарфоровых изоляторах.

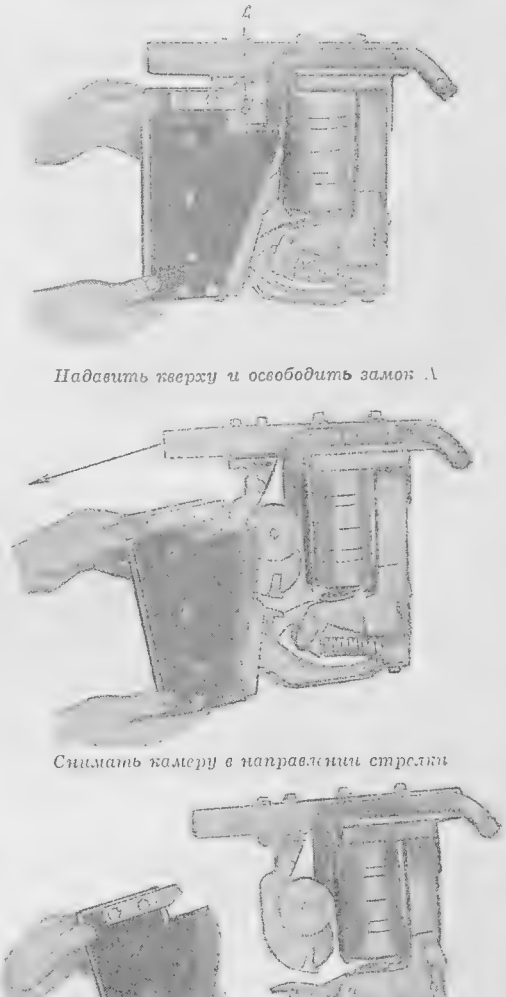
58. Контакторы электромагнитные постоянного тока, серии МК

Контактор имеет один неподвижный контакт, к которому присоединена искрогасительная катушка, и один подвижной контакт, приводимый в движение электромагнитом. Контакторы выключаются под действием силы тяжести якоря или пружины, а иногда той и другой вместе. Для разрыва дуги контакторы обычно снабжаются искрогасительными катушками и камерами.

Некоторые камеры снабжены внутренними перегородками, охлаждающими дугу и тем самым способствующими ее быстрейшему разрыву. Боковые стенки и внутренние перегородки камеры сделаны из асбесто-цементных плит. На камере укреплены полюсы, подводящие поток от магнитных сердечников искрогасительных катушек к передней части контактов. Камера легко снимается, так что контакты становятся доступными для осмотра; контакторы,

работающие только при очень низких напряжениях, не имеют искрогасительных катушек и камер.

Контакты легко снимаются, так что их замена чрезвычайно проста. Подвижной контакт присоединяется к своему кабельному наконечнику посредством гибкого токонесущего шунта. Этот шунт должен быть надежно присоединен и не должен быть надломан или изношен. Контакторы снабжены блокировочными контактами для цепей управления.



Фиг. 109. Снятие камеры с контактора МК.

Контактор включается при возбуждении подъемной катушки электромагнита. Контактный механизм продолжает свое движение под влиянием притягивающего усилия катушки после начала касания контактов. Это движение носит название п р и т и р а н и я. Притирание измеряется у места полного включения подвижного контакта при выключенном контакторе.

В е л и ч и н о й п р и т и р а н и я считается то расстояние, на которое могла бы подвинуться линия окончательного включения подвижного контакта, если бы неподвижного контакта не существовало, а якорь контактора дошел бы до своего упора. Величина притирания определяет собой допускаемый износ контактов.

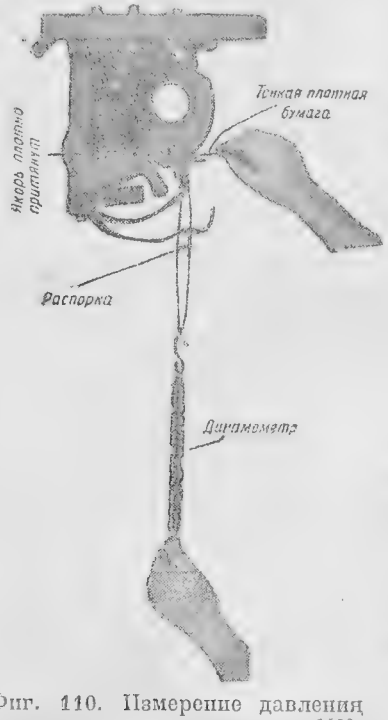
Все электромагнитные контакторы снабжены пружинами, которые сообщают контактам движение притирания; они называются притирающими. Эти пружины дают

определенные начальное и конечное давления, которые должны быть соблюдены для того, чтобы контактор правильно работал.

Начальным давлением называется давление, которое получается в точках первоначального касания контактов, а конечным давлением называется то, которое получается в месте соприкосновения контактов при полном их включении.

Зазор в свету между двумя контактами при выключенном контакторе носит название разрыва контактов.

Контакторы должны быть приведены в движение вручную для того, чтобы определить наличие возможных механических дефектов и заеданий. Осмотр состояния контактов производится при снятой искрогасительной камере (фиг. 109). Если контакты изношены больше, чем на половину первоначальной толщины, то их необходимо заменить новыми.



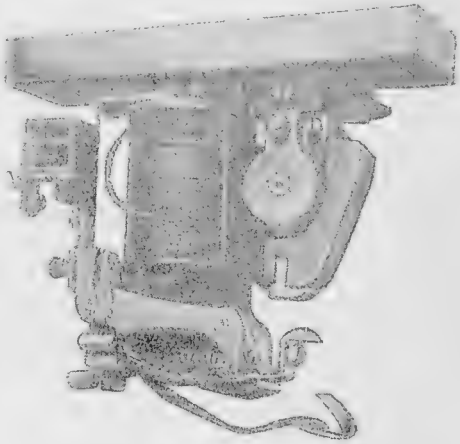
Фиг. 110. Измерение давления контактов на контакторе МК.

Иногда в контакторах, работавших при большой силе тока, боковые и средние перегородки искрогасительных камер покрываются медными брызгами. Такие следы меди должны удаляться, так как их наличие способствует горению дуги. Окись меди или капельки ее, а также заусеницы, обнаруженные на контактах, должны быть зачищены легким движением личневого напильника, или, что еще лучше, жесткой проволочной щеткой. Зачистку можно также производить стеклянной, но ни в коем случае не наждачной бумагой.

Никогда не следует чрезмерно запиливать поверхность контактов, потому что такая запиловка нарушает правильную форму поверхностей соприкосновения контактов. Сильно изношенные оси и втулки должны быть заменены новыми. Все контактные соединения, особенно у гибких шунтов, должны быть плотно затянуты. Надломленные или изношенные шунты нужно заменить новыми. Если при ручном включении якорей контакторов замечено, что некоторые из контактных пружин слабее других, то нужно снять камеры и проверить давление контактов (фиг. 110).

Давление контактов измеряется лучше всего следующим образом: крючок пружинного динамометра зацепляется посредством куска проволоки за болт, которым крепится нижний подвижной контакт к якорю.

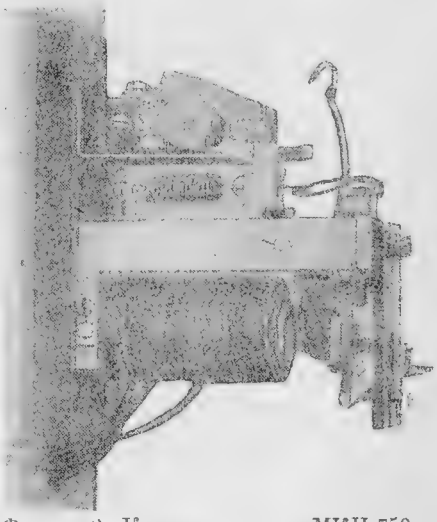
Между контактами закладывают полоску из тонкой плотной бумаги, а сам контактор включают либо электрически, либо вручную путем прижатия якоря до отказа, т. е. до упора к магнитному сердечнику. Динамометр оттягивают вниз до тех пор, пока бумага не вытащится без заметных усилий. Показание динамометра в этот момент является величиной давления контактов, которая должна находиться в пределах, указанных техническими данными аппарата (см. табл. 3, 4 и 5).



Фиг. 111. Контактор типа МК-601 для горизонтальной подвески (камера снята).

Контактные поверхности блокировочных пальцев должны содержаться в чистоте и должны образовать надежный контакт при включении. Для того чтобы обеспечить последнее, блокировочные пальцы должны иметь контактное давление в соответствии с техническими данными (см. табл. 3, 4 и 5).

На контакторах может применяться блокировка дискового типа. Очень важно, чтобы в такой блокировке были соблюдены надлежащие величины притирания и разрыва контактов. Как разрыв, так и притирание могут регулироваться посредством двух регулировочных гаек, находящихся на стержне блокировки с каждой стороны крепления.



Фиг. 112. Контактор типа МКН-750.

В контакторах типа МК-601 (фиг. 111) отсутствует размыкающая пружина. Выключение происходит под действием силы тяжести, т. е. собственного веса якоря — подвижного контакта. На фиг. 112 приведен негативный контактор типа МКН-750, применяющийся в схемах Киевского трамвая для получения реостатного торможения в случае отсутствия напряжения в сети на тормозных позициях контроллера.

Контакторы снабжены искрогасительным устройством.

Таблица 3

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ КОНТАКТОРОВ

Технические данные контактора типа МК-601

Контакты	Давление кг		Разрыв мм	Притирание мм	Тока		Номинальное напряжение	Вес кг
	начальное	конечное			часовой	длительный		
Главные	0,7—1,1	1,6—2,3	14—17	6,0—6,5	150	100	600	5
Блокировочные	—	0,18—0,25	6,5—9,5	3,0	—	—	600	3

Таблица 4

Технические данные контактора типа МК-604

Контакты	Давление кг		Разрыв мм	Притирание мм	Тока		Напряжение	Вес кг
	начальное	конечное			часовой	длительный		
Главные	0,7—1,1	1,6—2,3	14—17	5,0—6,5	—	50,0 20,0 6,0 3,25	600	3
Блокировочные	—	0,18—0,25	6,5—9,5	3,0	—	—	600	3

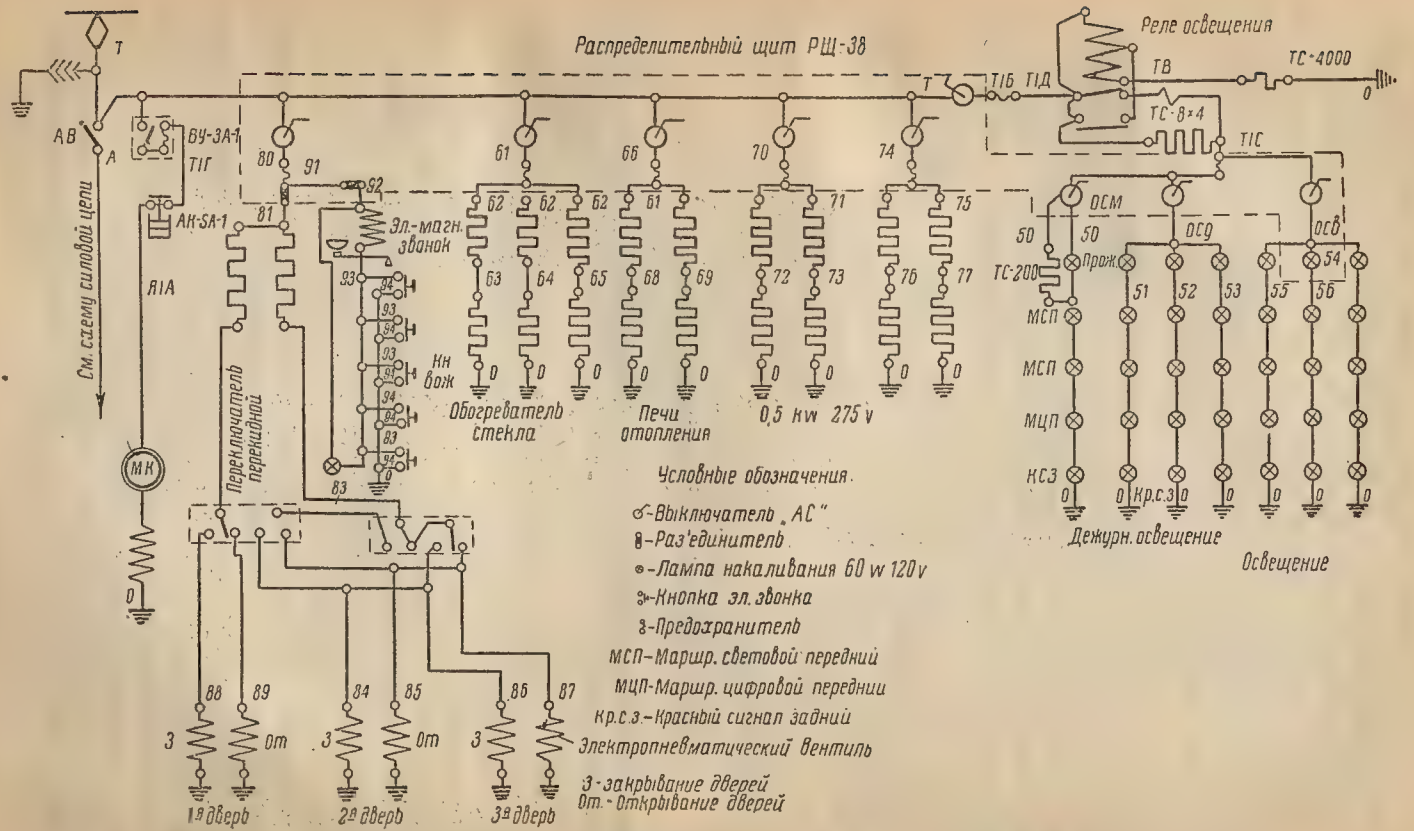
Примечание. Длительный ток определяется сечением меди искрогасительной катушки.

Таблица 5

Технические данные линейного контактора типа МК-758

Контакты	Давление кг		Разрыв мм	Притирание мм	Тока		Напряжение	Вес кг
	начальное	конечное			часовой	длительный		
Главные	1,5—2,0	6—8	14—16,5	8,5—10	400	275	600	35
Реле . . .	—	0,2—0,5	16—20	4—6	—	—	600	35

Примечание. Подробное описание и действие линейного контактора и реле перегрузки см. гл. III § 35, а осмотр и ремонт — в гл. IV § 42.



Фиг. 113. Принципиальная схема вспомогательных цепей четырехосного трамвайного вагона.

59. Вспомогательные электрические цепи вагонов

Вспомогательные электрические цепи вагона, непосредственно не участвующие в управлении движением вагона, состоят из:

а) цепи мотор-компрессора;

б) цепи управления дверями,

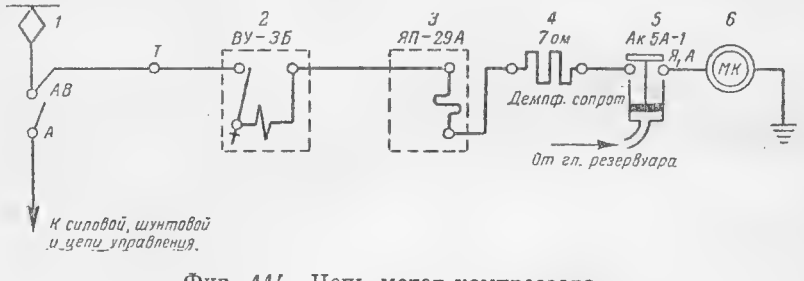
в) цепи электрической звонковой сигнализации от кондуктора к вагоновожатому;

г) цепи отопления вагона и прибора для обогревания лобового стекла;

д) цепи освещения вагона, сигнальных и маршрутных фонарей.

Все вспомогательные электрические цепи питаются от контактного провода и защищены плавкими предохранителями (фиг. 113).

Мотор-компрессор получает питание до автоматического выключателя, чтобы можно было накачивать воздух компрессором при отключенной силовой цепи. Компрессор имеет в своей цепи



Фиг. 114. Цепь мотор-компрессора.

выключатель рубильникового типа в сочетании с плавкими предохранителем типа ВУ-3 А, т. е. того же типа, что и в выключателе управления.

Выключатель располагают в непосредственной близости к вагоновожатому из тех соображений, чтобы его можно было сразу выключать при прохождении вагоном автоматических стрелок, так как ток мотор-компрессора в состоянии перевести стрелку при прохождении сериесных салазок на контактном проводе. Для включения компрессора служит регулятор давления, автоматически замыкающий цепь при падении давления ниже нормы.

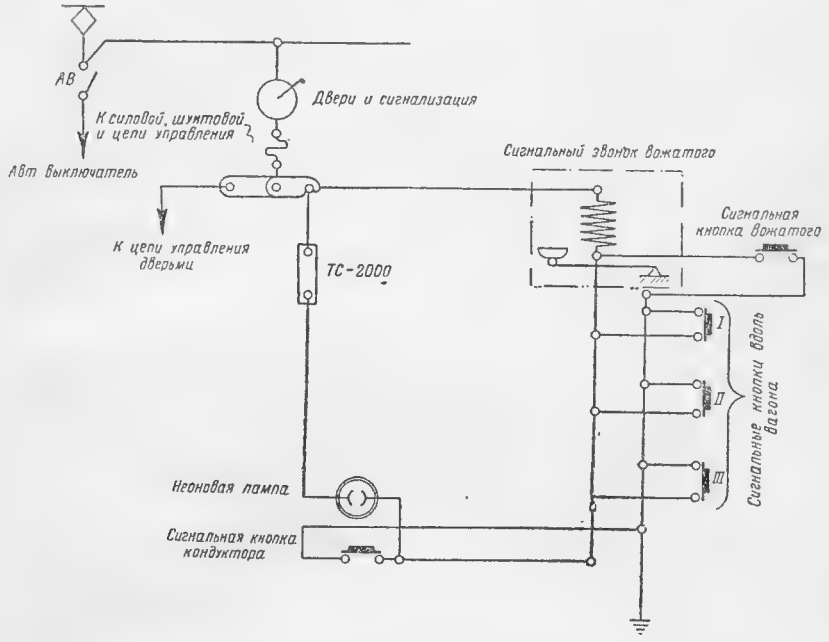
Включение мотор-компрессора в электрическую цепь вагона показано на фиг. 114.

Ток поступает от пантографа *1*, через выключатель мотор-компрессора *2*, через плавкий предохранитель *3* (15 а), через демпферное сопротивление *4* (7 ом), которое постоянно включено для снижения пусковых токов мотор-компрессора. От демпферного сопротивления ток поступает через контакт электропневматического вентиля (регулятор давления) *5*, далее в катушки, якорь мотор-компрессора *6* и в землю.

Мотор сериесный на напряжение 550 в не имеет дополнительных полюсов, с числом оборотов 1200 в минуту. Часовая мощность

мотора — 2,1 квт. Мотор рассчитан на безреостатный пуск и на работу в течение 50% времени при количестве включений до 20 в час.

Ввиду того, что обслуживать три двери с различными вариантами включений непосредственно с помощью пневматического крана весьма затруднительно, принята система электропневматического управления дверями. Впуск и выпуск воздуха осуществляются вентилем. Каждая дверь имеет два вентиля включающего типа: один для открывания, а другой — для закрывания дверей.



Фиг. 115. Цепь электрической звонковой сигнализации.

Включение питания вентилей производится дверными переключателями. Порядок открывания и закрывания дверей принят следующий: нормально кондуктор закрывает и открывает заднюю и среднюю двухстворчатые двери. Однако, в том случае, если кондуктор находится в передней или средней части вагона, всеми дверями управляет вагоновожатый. Для создания подобной системы потребовалось установить у вожатого и кондуктора по два переключателя (см. фиг. 113).

Для отопления вагона установлено 16 печей по 500 вт, расположенных под сиденьями пассажиров и распределенных внутри вагона. Включение отопления производится четырьмя группами (см. фиг. 113). В одну из групп включены обогревательные трубки для обогрева переднего стекла. Группы печей защищены плавкими предохранителями.

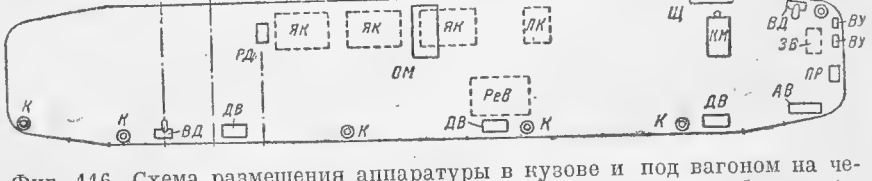
Цепь освещения состоит из семи параллельных групп (см. фиг. 113). Внутривагонное освещение имеет 28 ламп по 60 вт каждая. Кроме ламп внутривагонного освещения, имеются две цветные лампы лобовых сигналов *МСП*, две лампы маршрутной вывески *МЦП*, две красные лампы заднего стоп-сигнала *КрСЗ* и лобовой прожектор. Параллельно прожектору включено сопротивление, позволяющее посредством переключателя выключать прожектор, не нарушая работы ламп этой группы. В цепи освещения устанавливается реле, которое включает добавочное сопротивление в случае повышения напряжения в сети при режиме рекуперации выше определенного значения. При напряжении, меньше указанного значения, реле закорачивает добавочное сопротивление.

Внутренняя сигнализация выполнена обычного типа, с той разницей, что в виде звонка установлен надежно действующий электромагнитный контактор, под контакт которого поставлен боек, ударяющий по чашке.

При подаче сигнала у кондуктора на специальном пульте загорается сигнальная (неоновая) лампа (фиг. 115); это означает что вожатый сигнал от кондуктора услышал, т. е. звонок работает. Как видно из схемы цепи электрической звонковой сигнализации (фиг. 115), звонковых кнопок всего пять: одна — у вожатого, одна — у места кондуктора и три — устанавливаются вдоль всего вагона.

60. Расположение оборудования на вагоне

Расположение оборудования производится в соответствии с требованиями эксплоатации. Контакторные ящики размещены



Фиг. 116. Схема размещения аппаратуры в кузове и под вагоном на четырехосном вагоне выпуска 1938 г. Пунктиром показаны приборы, расположенные под полом вагона, а сплошными линиями — в кузове:

ОМ — отключатель моторов, *РД* — регулятор давления, *ЗВ* — звонок сигнализации, *ДВ* — дверной вентиль, *ЯК* — ящики контакторов, *ЛК* — линейный контактор, *КМ* — контроллер машиниста, *АВ* — автоматический выключатель, *Рев* — реверсор, *ВД* — выключатель дверей, *ВУ* — выключатель управления, *ВК* — выключатель компрессора, *К* — кнопка сигнализации, *Щ* — щиток выключения освещения и отопления, *ПР* — предохранители освещения.

под вагоном. Контроллер вагоновожатого помещается под его сиденьем и имеет вертикальную рукоятку. Размещение аппаратуры в кузове и под вагоном показано на фиг. 116.

61. Некоторые указания по управлению вагоном

Ниже приводятся основные указания по пуску в ход и торможению вагона.

1. Включить выключатель мотор-компрессора на все время поездки.

2. Включить автоматический выключатель.

3. Включить выключатель цепи управления.

4. Вставить в гнездо на контроллере реверсивную рукоятку и установить ее в зависимости от требуемого направления движения вперед или назад.

5. Передвижением главной рукоятки контроллера от себя (вперед) осуществляются пуск в ход и ускорение (разгон) вагона на моторном режиме.

6. Передвижением главной рукоятки контроллера в направлении к себе до нулевой позиции осуществляется рекуперативное торможение.

7. Электрическое реостатное торможение (служебное) осуществляется после рекуперативного торможения той же главной рукояткой при передвижении ее через нулевое положение в сторону, противоположную моторному режиму. Для этой цели нажимается кнопка главной рукоятки; последняя затем переводится через нуль контроллера на тормозные позиции.

Скорость вагона может быть снижена таким образом до 4—5 км/час, после чего приводится в действие воздушный тормоз.

Примечания. а) При отключенной паре двигателей реостатное торможение не действует.

б) При торможении пневматическим или ручным тормозом главная рукоятка контроллера должна быть установлена на нуль (фиксированная позиция).

в) При включении после выбега нужно быстро поставить рукоятку в положение, соответствующее скорости вагона в данный момент, для того, чтобы не получился толчок вагона.

8. В тех случаях, когда срабатывает реле линейного контактора, который отключает силовую цепь от сети, следует установить главную рукоятку контроллера в нулевое положение при положении реверсивной рукоятки «вперед» или «назад», после чего реле контактора восстанавливается, и контактор подготовлен к новому включению.

9. В тех случаях, когда один или оба двигателя одной пары оказываются поврежденными, возможна временная езда на исправных двигателях другой пары.

ГЛАВА VII

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

62. Опасность от электрического тока

Каждый слесарь-электрик, работающий на ремонте трамвайных вагонов, должен отдавать себе ясный отчет в той опасности, с которой сопряжено обслуживание электрических установок, и уметь во-время обезопасить себя, применяя те или иные предосторожности и защитные средства. Действие электрического тока на организм человека очень сложно и проявляется в самых разнообразных формах. Проходя по телу человека, электрический ток может вызвать поражение внутренних органов: сердца, легких, нервной системы и т. д. Эти поражения называются электрическими ударами. Кроме того, электрический ток может причинить ожоги, поражение глаз (ослепление вольтовой дугой), разрывы тканей, падение с высоты, вызванное ударом тока.

Самую большую опасность представляют собой электрические удары, вследствие прохождения тока через организм человека, когда последний случайно включается в электрическую цепь. Многочисленными опытами установлено, что постоянный ток порядка 0,1—1 а, проходящий по телу человека, смертельно опасен и что только ток (постоянный или переменный промышленной частоты) силою 0,05 а и меньше можно считать безопасным, хотя и причиняющим болезненные явления.

Когда человек случайно включается в электрическую цепь (попадает под напряжение), то сила тока, проходящего через его организм, зависит от величины напряжения электрической установки, от сопротивления тела человека и других участков цепи, в которую он включился.

Сопротивление человеческого организма зависит от многих причин и колеблется в очень широких пределах — от 1000 до 50 000 ом и выше. Решающее влияние на это сопротивление оказывает наружный покров кожи, находящийся в соприкосновении с проводом под током. Если кожа сухая, то сопротивление ее прохождению тока велико и, наоборот, влажная кожа, например, потные руки, во много раз снижают общее сопротивление человеческого организма. Следует упомянуть, что загрязненная кожа, покрытая мелкими металлическими частицами, железными опилками, уменьшает сопротивление и увеличивает общую проводимость организма.

Вполне понятно, что опасность поражения током увеличивается с повышением напряжения. Напряжение трамвайного контактного провода, как известно, находится в пределах 500—600 в.

Особая опасность поражения током на трамвайных предприятиях заключается, однако, не только в большой величине напряжения контактного провода. Она заключается также в том, что одним из проводов, подводящих ток к вагону, являются рельсы трамвайного пути, которые ничем не изолированы от земли. Поэтому человек, стоящий на земле или на каком-либо заземленном предмете и коснувшийся контактного провода или иной соединенной с ним токоведущей части, включается в электрическую цепь. Если электрическое сопротивление прикоснувшегося к проводу вместе с сопротивлением обуви 8000 ом, то через организм пройдет ток силою:

$$I = \frac{550}{8000} = 0{,}07 \text{ а},$$

что уже является о п а с н ы м для жизни.

Поэтому слесаря по ремонту трамвайных вагонов не должны забывать особенности трамвайной проводки — высокого напряжения (до 600 в).

Для уменьшения тока, проходящего через человека, если последний прикоснулся к токоведущим частям, применяются защитные средства, например, резиновые перчатки, боты, галоши, резиновые коврики, изолирующие подставки. Резиновые галоши и коврики (если они исправны) защищают от напряжения не свыше 1000 в. Роль защитных средств сводится к тому, что они во много раз повышают сопротивление прикосновения (резиновые перчатки) или переходное сопротивление от ноги в землю (боты, галоши, коврики, изолирующие подставки) и тем уменьшают силу тока, проходящего через человека, до тысячных долей ампера.

Рассмотрим некоторые примеры возможного попадания человека под рабочее напряжение контактного провода.

Пример 1. Рабочий работает на крыше вагона, которая нормально от земли изолирована. В этом случае прикосновение к проводу или токоприемнику как будто безопасно. Если, однако, какой-либо металлический предмет (например, кронштейн крышевого ограждения) случайно заземлен вследствие сырости или иных причин, то одновременное прикосновение к этому предмету и контактному проводу повлечет за собой удар током.

Пример 2. Рабочий оттягивает токоприемники руками, находясь на крыше. Если при этом силовая, осветительная и вспомогательные цепи вагона выключены, то ничего опасного не произойдет (исключая возможность, указанную в предыдущем примере), но если в вагоне, например, включено освещение, что всегда вероятно, то после отрыва токоприемника от провода он будет соединен с землей через осветительную цепь и тогда случайное одновременное касание провода (рукой или головой) и токоприемника влечет за собой удар током.

Пример 3. Кузов вагона поднимают на домкратах для смены полускатов, не опустив токоприемника. После того как кузов отделился от тележек, он будет изолирован от земли. Если при этом окажется, что в вагоне включена осветительная цепь, то рама кузова через эту цепь и токоприемник будет находиться под напряжением контактного провода. Случай, изложенный в этом примере, весьма опасен тем, что может причинить травму сразу нескольким людям, работающим около вагона.

За исключением отдельных работ по освещению вагонов, например, смены ламп, весь ремонт электрооборудования должен производиться при опущенном токоприемнике моторного вагона или отключенном междувагонном соединении при ремонте прицепного вагона.

Часто встречаются случаи, что, начав работу и обезопасив себя опусканием токоприемника, слесарь потом забывает проверить обесточение вагона после перерыва в работе, в результате чего получает поражение током. Нужно приучить себя к такому порядку: подошел к вагону — прежде всего нужно опустить, привязать токоприемник и выключить автомат, а потом уже приступать к работе. При этом обязательно необходимо произвести обесточение вагона одновременно этими двумя способами. Иначе нельзя быть уверенным в надежности обесточения: веревка токоприемника может отвязаться, а автомат или может оказаться неисправным и не разорвет цепи, или может быть кем-нибудь неожиданно включен.

Наряду с непосредственным электрическим ударом ток может вызвать травмы как бы вторичного порядка. Общеизвестно, что человек, получивший даже незначительный удар током, делает внезапное резкое движение самозащиты: отдергивает руку или подается всем корпусом в сторону от токоведущей части, к которой он прикоснулся. Это резкое движение может вызвать ушибы, а в худших случаях — при работе на подмостях или крыше вагона — падение вниз с тяжелым повреждением тела.

Техника безопасности (пункты инструкции) предъявляет жесткие требования также к осветительным приспособлениям (переносным лампам) и электрическому инструменту, которые, хотя обычно включены при низком напряжении (120 в), но могут быть источником таких вторичных травм-ушибов, переломов и т. п.

Следует обратить внимание, что в сырых помещениях или вблизи металлических заземленных масс, в частности, при работе в канавах, не допускается пользоваться переносными лампами напряжением выше 24 в.

При работе в мастерских допускается пользование приборами с напряжением 120 в, так как в сухом месте корпуса электрического инструмента (дрели, паяльника и т. д.) должны быть надежно заземлены, а заземленный провод вплетен в питающий шнур инструмента и включается вместе с ним, для чего в штепсельной розетке должно быть соответствующее гнездо. Смысл этого требования следующий: если какая-нибудь токоведущая часть инструмента

соединится с его корпусом, то для рабочего это не будет представлять опасности, так как большой ток пройдет в землю через заземляющий провод, а через тело человека, имеющее большое сопротивление, пройдет очень слабый ток — около тысячных долей ампера, что уже не является опасным.

Такое заземление корпусов электрических инструментов называется защитным заземлением. Защитное заземление применяется также для корпусов контроллеров, металлических ручек автоматов на вагоне.

Остановимся, наконец, на ожогах и поражениях глаз вольтовой дугой. Ожогам вольтовой дугой часто подвергаются слесари-электрики при невыполнении элементарных правил осмотра неисправного электрооборудования. В частности, иногда «пробуют» неисправный контроллер включением его на одно-два деления, в результате чего получается вспышка, причиняющая подчас весьма тяжелые ожоги. Такой же результат может получиться при смене предохранителя и вообще ремонте щитка освещения при неспущенном токоприемнике.

К значительным ожогам приводят также неправильное разъединение и соединение междувагонного кабеля или применение кабеля с нарушенной изоляцией. Правила требуют, чтобы при разъединении междувагонного кабеля он был вынут сначала из штепсельной коробки моторного вагона, т. е. обесточен, а потом уже из коробки прицепного вагона. Если сделать наоборот, то болтающийся свободный конец кабеля, только что вынутый из коробки прицепного вагона, будет под напряжением и может коснуться заземленной детали, например, буфера, что вызовет вольтову дугу и неминуемый ожог работающего.

То же произойдет, если при соединении вагонов вставить междувагонный кабель сначала в штепсельную коробку моторного вагона.

Кроме ожогов, вольтова дуга дает еще один очень распространенный вид травмы — поражение глаз (ослепление — офтальмия). Вольтова дуга имеет очень высокую температуру — свыше 3000° С и дает сильный голубоватый свет, богатый ультрафиолетовыми невидимыми лучами. Эти лучи разрушительно действуют на сетчатую оболочку глаза. В результате воздействия света вольтовой дуги человек через некоторое время начинает испытывать сильную резь в глазах, ощущение ярких белых пятен, с поражением зрения на несколько дней. Поэтому необходимо избегать смотреть на вольтову дугу.

63. Правила безопасности для слесарей-электриков при работах в депо

1. До приступа к работе по ремонту электрооборудования на вагоне необходимо опустить и привязать токоприемник, обесточить место работы и убедиться, что осматриваемый аппарат под напряжением не находится.

2. При работе у аппаратов или проводки, находящихся на крыше, токоприемник обязательно необходимо опускать и привязывать здесь же на крыше.

3. При работе на крыше не дотрагиваться до рабочего провода или до рамы токоприемника. При работе на крыше в сырую погоду при неспущенном токоприемнике необходимо надевать галоши и резиновые перчатки.

4. Если работающий у электроаппарата на вагоне отлучался с места работ, то по возвращении он обязан, до того как приступить к работе, убедиться, что аппарат попрежнему обесточен.

5. Если электроаппарат по своей конструкции имеет заземленные части, то при каждом ремонте или осмотре необходимо убедиться, что заземление в исправности.

6. При испытании на обрыв или заземление при посредстве удочки (ламповой группы) необходимо убедиться, что она находится в исправности, т. е. группа не имеет короткого замыкания, что провод надежно изолирован резиновой трубкой по всей длине и заканчивается одножильным оголенным проводом; неисправную удочку употреблять воспрещается.

7. При пользовании удочкой остерегаться возможной случайной вспышки и поражения глаз дугой при размыкании. Конец провода держать дальше от оголенного места.

Категорически воспрещается зачищать или заправлять оголенный конец провода удочки, не сняв удочку с контактного провода. Пользование удочками разрешается только слесарям по электрическому оборудованию вагонов.

8. По окончании ремонта контроллера большая рукоятка должна быть поставлена на метку «стоп», а реверсивная снята и убрана с вагона.

Воспрещается при ремонте и осмотре контроллера переводить реверсивный вал руками, инструментом и пр.

9. По окончании ремонта или осмотра любого электроаппарата защитный кожух обязательно должен быть поставлен на место; неисправные, ненадежно держащиеся на месте кожухи ставить воспрещается.

10. Воспрещается при открытом кожухе пробовать контроллер под током «на силу».

11. При проверке силовой цепи ламповой группой воспрещается касаться руками токоведущих частей аппарата (например, пальцев контроллера), а равно заземлять эти части отверткой или другим инструментом. Для заземления отдельных частей проводки при проверке надлежит пользоваться куском изолированного провода с вполне исправной изоляцией.

12. Воспрещается смена предохранителей вспомогательных цепей под напряжением.

13. Для обнаружения места повреждения категорически воспрещается включать в нормальное рабочее положение заведомо неисправную часть электрической проводки вагона (например, пробовать неисправный контроллер включением «на силу»).

14. Если поступила заявка на неисправность электрического оборудования вагона, то неисправная часть проводки или неисправный аппарат должны быть подвергнуты тщательному осмотру и проверке индуктором (меггером) или ламповой группой при спущенном токоприемнике, и в случае необнаружения места повреждения допускается с разрешения мастера опробование напряжением сети.

15. При нахождении сгоревшей лампы освещения не следует закорачивать гнезда пробника коротким проводником, а тем более каким-либо инструментом. Для этой цели должна быть изготовлена деревянная державка из сухого материала длиной около 400 мм, на верхнем конце которой монтируется вилка из короткого жесткого (не менее 4 мм^2) проводника.

16. Ремонт электропроводки прицепного вагона должен производиться только после разъединения междувагонного кабеля вытаскиванием его из штепсельной розетки моторного вагона. Если междувагонных кабелей имеется несколько, то разъединяются обязательно все кабели. Не допускается производить разъединение междувагонного кабеля вытаскиванием его из штепсельной розетки прицепного вагона.

17. Во всех случаях, когда производится ремонт электропроводки вагона после имевших место коротких замыканий, до опробования вагона под напряжением надлежит с помощью индуктора или ламповой группы убедиться в устранении короткого замыкания и лишь после этого произвести опробование.

18. По окончании ремонта электропроводки прицепного вагона обратное включение междувагонного кабеля должно быть произведено в обратном порядке, чем при разъединении: сначала один конец кабеля вставляется в штепсельную розетку прицепного вагона, а затем уже другой конец вставляется в штепсельную розетку моторного вагона. При этом должны быть надеты резиновые перчатки и необходимо держать лицо возможно дальше от розетки. Перед включением необходимо убедиться, что изоляция кабеля нигде не нарушена. Междувагонный кабель с нарушенной изоляцией для пользования не допускается.

19. При осмотре электрической части тяговых двигателей, а также при разъединении переходных проводов и осмотре вводных коробок обязательно должен быть выключен автомат.

20. Воспрещается производить зачистку коллекторов на ходу стеклянной шкуркой непосредственно руками без приспособления. При зачистке коллектора тягового двигателя не следует склоняться низко над открытым люком и упирать приспособлением для зачистки в щеткодержатель; это приспособление необходимо держать с боку корпуса рабочего, находясь лицом вперед по ходу вагона. При зачистке необходимо избегать чрезмерно длительного пользования одним и тем же куском стеклянной шкурки (бумаги) во избежание сильного его загрязнения.

21. Воспрещается производство проточки коллекторов на ходу вагона. Проточка коллекторов цельнокорпусных двигателей без снятия их с вагона может производиться лишь при условии приведения якоря во вращение от специального мотора, расположенного в канаве. Выключатель мотора должен быть кабелем выведен к рабочему месту лица, производящего проточку. При выполнении проточки необходимо надевать предохранительные очки.

22. При промывке бензином частей двигателя (коллектора, щеткодержателей, роликоподшипников и т. п.) не пользоваться для освещения свечами как во время самой промывки, так и вскоре после ее окончания.

23. Воспрещается для смены траверсных пружин двигателя, зажатых между траверсой и опорным станком на тележке, поднимать двигатель ломиком, для этого необходимо употреблять подвагонный подъемник.

24. Категорически воспрещается производить с помощью подъемника снятие или постановку цельнокорпусных двигателей без подъемки вагона.

25. При снятии кожуха зубчатой передачи не следует внезапно освобождать кожух, давая ему падать на пол. Если кожух снимается без применения подъемника, то в работе обязательно должны участвовать два человека, один из которых при отвертывании последних гаек поддерживает кожух снизу. После снятия гаек кожух плавно опускается на пол.

ГЛАВА VIII

ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА И РАБОЧЕГО МЕСТА

64. Организация ночного и двенадцатидневного профилактического осмотров

Ночной профилактический осмотр вагонов выполняется в основном двумя методами: стойловым и поточным.

Стойловый метод заключается в том, что рабочие (слесаря) производят осмотр агрегатов вагонов, переходя с одного вагона на другой не в строгой последовательности по номерам вагонов и канавам.

Так как за рабочими закреплены определенные номера вагонов, а вагоны на канавах расстанавливают не по порядку номеров, а по времени выхода из парка, рабочему приходится переходить с одной канавы на другую, затрачивая непроизводительно время на эти переходы.

Поточный метод осмотра заключается в том, что все осмотровые рабочие находятся на сосредоточенных местах, а вагоны передвигаются с одного рабочего места на другое.

Поточный метод осмотра легко осуществим при наличии открытого парка (сквозное осмотровое здание) и веера путей на территории парка.

При поточном методе осмотра вагонов рационально используются квалифицированные рабочие, занятые только производственной работой, так как им не приходится тратить время на переходы с канавы на канаву и с одного рабочего места на другое.

Число вагонов, поступающих в дневной (двенадцатидневный) ремонт, обычно не велико, поэтому этот вид осмотра производится стойловым (стационарным) методом. На вагоны, подлежащие дневному осмотру, составляется график с таким расчетом, чтобы вагоны поступали с линии в утренние часы после утреннего максимума перевозки пассажиров.

При ремонте вагонов в вагоноремонтных мастерских применяются также в основном два метода организации работ: стационарный и поточный.

Стационарный метод работ заключается в том, что демонтаж вагона, его ремонт и монтаж производятся на одном и том же рабочем месте, оборудованном подъемочными средствами. При таком методе работ трудно поддержать правильное разделение труда и порядок отдельных работ, вследствие чего этот метод получается малопроизводительным.

Поточный метод работ заключается в том, что вагон в процессе ремонта передвигается в вагоносборочном цехе через несколько специализированных рабочих мест.

65. Организация труда в парках и вагоноремонтных мастерских

Ночной профилактический и дневной двенадцатидневный осмотры организуются специализированными бригадами. Если инвентарь подвижного состава невелик, работа производится комплексными бригадами.

Система оплаты труда рабочих ночного и двенадцатидневного осмотров вагонов (№ 1 и 2) повременно-премиальная, а в остальных видах ремонтов (№ 3, 4, 5 и 6) — сдельная.

Рабочие по осмотру и ремонту вагонов организуются в бригады и за каждой бригадой закрепляются определенные вагоны. Каждый рабочий и бригада в целом несут ответственность за своевременный выпуск по графику закрепленного подвижного состава и за его бесперебойную работу на линии в течение всего межосмотрового (межремонтного) пробега.

Заработная плата рабочего состоит:

а) из тарифной ставки,

б) из премии, выплачиваемой в зависимости от результатов работы.

Тарифная ставка выплачивается рабочему за каждую отработанную смену по присвоенному ему квалификационному разряду.

Премия каждому рабочему начисляется за каждый осмотренный или отремонтированный им вагон, бесперебойно отработавший в течение межосмотрового периода.

Размер и порядок начисления указанной премии устанавливаются предприятием, исходя из количества подлежащих осмотру вагонов, разряда работы и организации осмотра вагонов.

При нарушении бесперебойной работы вагона в течение межосмотрового (межремонтного) периода по вине рабочего премия, начисленная за расчетный период, снижается за каждый случай в процентах от общей суммы начисленной премии. Процент снижения премии за каждый случай устанавливается предприятием по видам оборудования и типам подвижного состава, с учетом достигнутых лучших показателей работы.

Случаем нарушения бесперебойной работы вагона по вине рабочего считается нарушение графика движения вагона по неисправности, если рабочий обязан был предупредить или своевременно устранить эти неисправности согласно характеристике осмотра или ремонта, заявке вагоновожатого, рапорту линейного слесаря или по особому распоряжению мастера.

При определении размера начисляемой премии за каждый осмотренный или отремонтированный вагон необходимо прежде всего установить нормы рабочей силы по осмотру и ремонту вагона в целом и каждого агрегата его в отдельности. Нормы рабочей силы устанавливаются в виде списочного числа рабочих, необхо-

димых на 1 вагон, выпущенный из ночного осмотра, и на 1 вагон, прошедший двенадцатидневный осмотр. Вместе с нормой рабочей силы устанавливается, на основании тарифно-квалификационного справочника, разряд каждой работы и определяются премиальные надбавки на 1 вагон и на каждый агрегат в отдельности.

При индивидуальной работе рабочему премия начисляется за каждый осмотренный или отремонтированный им агрегат вагона (моторы, контроллеры, воздушное оборудование и т. п.); при работе комплексной бригадой премия начисляется бригаде за весь осмотренный или отремонтированный вагон или за всю группу агрегатов, закрепленных за данной бригадой.

Начисленная за расчетный период бригаде премия распределяется между участниками бригады пропорционально отработанному каждым времени и его тарифной ставке.

При нарушении бесперебойной работы вагона по вине рабочих премия за данный вагон не начисляется: при индивидуальной работе — только виновнику брака, а при комплексной бригаде — бригаде в целом.

Удержание за брак производится только с виновника брака из общей суммы премии, начисленной ему за данный расчетный период.

Должен быть заранее установлен твердый перечень причин нарушения бесперебойной работы вагона, за которые удержания не производятся (поломка осей, разбитые на линии стекла и т. п.).

Размер удержания за брак устанавливается, исходя из вида оборудования, его технического состояния и условий эксплоатации.

66. Техническое нормирование

Техническое нормирование занимается определением для каждой работы нормы времени, необходимого для производства работы, при рациональном использовании оборудования, инструмента и рабочей силы.

Под нормой времени понимается, следовательно, время, необходимое и достаточное для выполнения определенного объема работ в условиях, обеспечивающих наилучшее использование всех производственных средств.

Норма выработки есть понятие, вытекающее из предыдущего, и представляет собой количество единиц продукции, подлежащее изготовлению в единицу времени, а сдельная оплата заключается в уплате определенной суммы за каждую выработанную единицу продукции. Стоимость выработки одной единицы устанавливается путем нормирования работы. Установленная цена за единицу выработанной продукции указывается в расценках.

Техническое нормирование — это нормирование рабочих процессов путем разложения норм на элементы и определения про-

должительности последних методами теоретического подсчета, изучения рабочего времени, наблюдением и сравнением его с достижением стахановцев производства.

Время, затраченное на выполнение тех или других операций, можно разбить на полезное и бесполезное.

Снижение бесполезно затраченного времени до минимума, а также сокращение времени на выполнение рабочих процессов, естественно, ведут к повышению производительности труда.

Работники цеха (мастер, бригадир) должны уделять самое серьезное внимание техническому нормированию и не перепоручать его второстепенным работникам, а заниматься лично этим важнейшим с точки зрения повышения производительности труда вопросом.

Таким образом, основную задачу технического нормирования следует видеть в определении правильных, технически обоснованных, проверенных опытом стахановского труда норм времени и норм выработки.

Для поставленных выше задач необходимо:

1) систематически изучать оборудование, инструменты, материалы и процессы ручных работ, с целью определения наивыгоднейших условий работы;

2) периодически для контроля правильности построения технологических процессов осуществлять хронометражирование работ;

3) контролировать распределение рабочего времени при помощи фотографии рабочего дня;

4) использовать стахановские методы и внедрять их во всех рабочих бригадах, отделениях, цехах;

5) инструктировать рабочих в области правильного использования оборудования, приспособлений, инструмента и улучшенных трудовых приемов;

6) повышать качество работ и квалификацию самих работающих;

7) контролировать выполнение норм;

8) систематизировать изучение и обобщать имеющиеся нормировочные материалы.

Выполнение указанных выше условий обеспечит высокую производительность труда.

67. Организация рабочего места

Весьма важным условием для увеличения производительности труда является организация рабочего места, которая заключается в своевременном приготовлении запасных частей и рабочего инструмента, который должен быть в полном порядке. Рабочее место должно постоянно находиться в чистоте.

Во время работы каждый рабочий должен постоянно стремиться к поддержанию своего рабочего места в чистоте и порядке.

Не следует разбрасывать детали и инструмент у рабочего места. Беспорядочное содержание рабочего места снижает производительность труда.

Стахановцы и ударники предприятий городского электротранспорта внесли большое количество рационализаторских предложений. Эти предложения при применении их на практике повысили производительность труда и дали значительный экономический эффект, мобилизовав в то же время внутренние ресурсы предприятий. Так, например, применяемое ташкентским трамваем волочение проводов дает возможность с большой эффективностью использовать старый обмоточный провод для тяговых двигателей.

Широкая инициатива работников электротранспорта, любовь и преданность в сочетании с хорошими техническими знаниями теории и практики своего дела являются основой производственного процесса, обеспечивающей надлежащее качество выполняемых работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *И. И. Целибеев.* Технический минимум для вагоновожатого трамвая. Издательство НККХ РСФСР, 1938.
2. *Л. Л. Гальперин.* Электрооборудование моторвагонного подвижного состава. Трансжелодориздат, 1936.
3. *Г. И. Певзнер.* Электрическое оборудование подвижного состава московского метрополитена. Трансжелдориздат, 1938.
4. *М. П. Кутыловский* и *В. Д. Сургучев.* Электрическая тяга на городских железных дорогах. Издательство НККХ РСФСР, 1939.
5. *Д. И. Бондаревский.* Электрическое оборудование трамвайных вагонов. Гострансиздат, 1934.
6. Устройство и осмотр трамвайных вагонов, ч. III. Труды ТТУЛ Ленсовета, Издательство НККХ, 1939.
7. Каталоги и справочники завода «Динамо» им. Кирова.
8. Журнал «Транспорт и дороги города», Гострансиздат, 1936, № 9 и 1937, № 9, статьи инж. М. С. Черток.
9. Журнал «Коммунальное строительство», Издательство Наркомхоза. РСФСР, 1938, № 10, статья инж. М. С. Черток.
10. *Ю. Ломоносов* и *К. М. Поливанов.* Электротехника. Госэнергоиздат, 1939.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3
Введение 4

Глава I. Основные понятия из электротехники

1. Понятие об электричестве и электрическом токе 6
2. Сила тока, напряжение и сопротивление 9
3. Закон Ома 11
4. Короткое замыкание 12
5. Работа тока и мощность 13
6. Тепловое действие тока 14
7. Последовательное и параллельное включение приборов в электрическую цепь 15
8. Падение напряжения. 16
9. Вольтова дуга. 17
10. Реостаты 17
11. Магниты. 18
12. Магнитное силовое поле 19
13. Электромагниты 19
14. Электромагнитная индукция и принцип действия динамомашины 20

Глава II. Тяговые двигатели (моторы)

15. Принцип действия 23
16. Общие свойства электродвигателей постоянного тока 25
17. Число оборотов и регулирование скорости вращения 26
18. Схемы соединения обмоток якоря и возбуждения 28
19. Изменение направления вращения 32
20. Мощность тяговых двигателей 32
21. Реакция якоря 34
22. Конструкция тяговых трамвайных двигателей 36
23. Компаундный тяговый двигатель 47
24. Испытания трамвайных двигателей 50
25. Основные неисправности трамвайных двигателей, способы их обнаружения и устранения 53
26. Осмотр и ремонт тяговых двигателей 62
27. Изоляционные материалы и металлы, применяемые в тяговых двигателях и электроаппаратуре 65

Глава III. Электрическая аппаратура трамвайного вагона

28. Общее описание 73
29. Контроллеры барабанного типа 74
30. Сравнение контроллера типа ДК-4 с другими системами контроллеров и их установка 79
31. Пусковые реостаты и шунтовые сопротивления 79
32. Электрическая схема контроллера типа ДК-4 и схемы соединений тяговых двигателей для двухмоторных трамвайных вагонов . . 81
33. Схемы соединений тяговых двигателей для четырехмоторных трамвайных вагонов 89
34. Электрическое реостатное торможение 90

35. Линейный контактор 91
36. Схема контроллера типа ДК-4М 96
37. Основные неисправности барабанных контроллеров 99

Глава IV. Вспомогательное электрическое оборудование

38. Токоприемники. 104
39. Приборы для защиты электрооборудования 106
40. Электрическая цепь моторного вагона 108
41. Электрическое освещение трамвайных вагонов 111
42. Осмотр и ремонт электроаппаратуры и вспомогательного электрооборудования трамвайных вагонов 114

Глава V. Электрооборудование модернизированных двухосных трамвайных вагонов

43. Схема электрического оборудования модернизированных вагонов 121

Глава VI. Контакторная система управления . . .

44. Общее описание 125
45. Схема электрооборудования четырехосного вагона, выполненная по контакторной системе управления, с компаундными тяговыми двигателями и с одним постом управления 128
46. Общие указания, необходимые для разбора схемы 129
47. Последовательное включение групп двигателей 132
48. Переходные положения от последовательного соединения групп двигателей к параллельному 134
49. Параллельное включение групп двигателей 139
50. Рекуперативное торможение 139
51. Реостатное торможение 140
52. Работа на одной группе двигателей 141
53. Защита от перенапряжений и чрезмерных токов 143
54. Понятие об автоматическом пуске 144
55. Аппараты управления. 145
56. Реверсор электромагнитный типа МР-2В 147
57. Контакторные ящики типа ЯК-20 148
58. Контакторы электромагнитные постоянного тока, серии МК . . 148
59. Вспомогательные электрические цепи вагонов 154
60. Расположение оборудования на вагоне 156
61. Некоторые указания по управлению вагоном 157

Глава VII. Техника безопасности

62. Опасность от электрического тока 158
63. Правила безопасности для слесарей-электриков при работах в депо 161

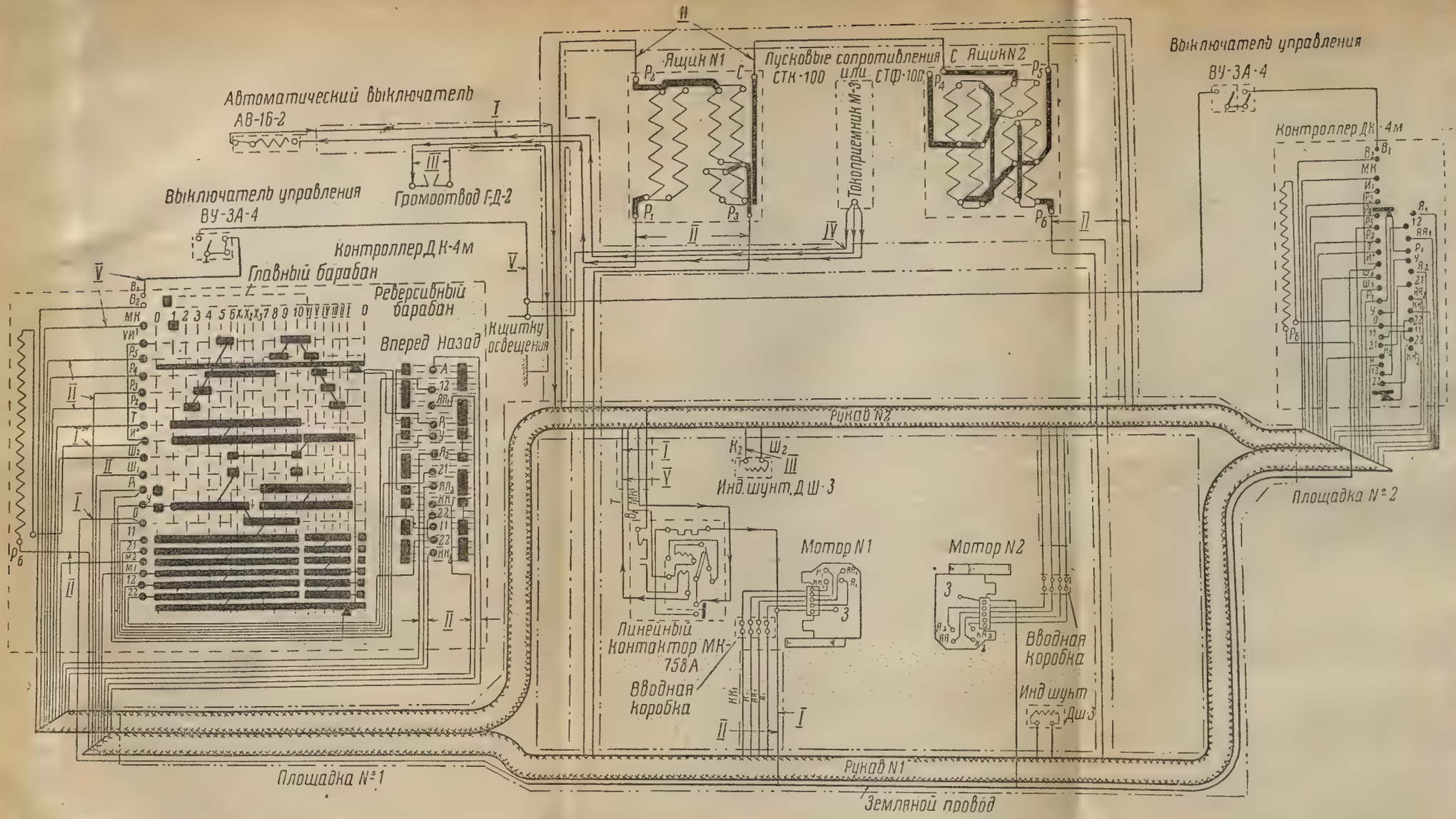
Глава VIII. Организация труда и рабочего места

64. Организация ночного и двенадцатидневного профилактических осмотров 165
65. Организация труда в парках и вагоноремонтных мастерских . . 166
66. Техническое нормирование. 167
67. Организация рабочего места 168
Литература 169

Редактор Д. П. Бондаревский.

Л12607. Тираж 2000 экз. Печ. л. 10¾ + (2½ п. л. вклейки) Печ. зн. в 1 п. л. 49777. Учетно-изд. л. 14
Подписано к печ. 15/I 1941 г. Цена 4 р. 20 к. Переплет 80 к.

1-я Образцовая типография Отдела РСФСР треста «Полиграфкнига», Москва, Валовая, 28.
Заказ № 4547.



Фиг. 78. Монтажная схема электрических соединений двухмоторного вагона при двигателях ДТП-60 и системе управления с линейным контактором.

Таблица кабелей

Обозначение	Сечение, мм²	Марка	Диаметр, мм: на рукавный	Диаметр, мм: голый
I	35	ПС-1000	13,4	7,55
II	25	ПС-1000	11,7	6,4
III	16	ПС-1000	10,1	5,15
IV	10	ПС-1000	8,7	
V	2,5	ПС-1000	5,5	2,0

Передвижка реверсивного вала	Отключен мотор
Верх	1
Вниз	2

Рукав	Провода к контроллерам										
№ 1	$Я_1$	$ЯЯ_1$	$К_1$	$КК_1$	$Ш_1$	$Р_1$	$Р_3$	$Р_6$			
№ 2	Т	$Я_2$	$ЯЯ_2$	$К_2$	$КК_2$	$Ш_2$	$Р_2$	$Р_4$	$Р_5$	$В_2$	МК

М. С. Чертон

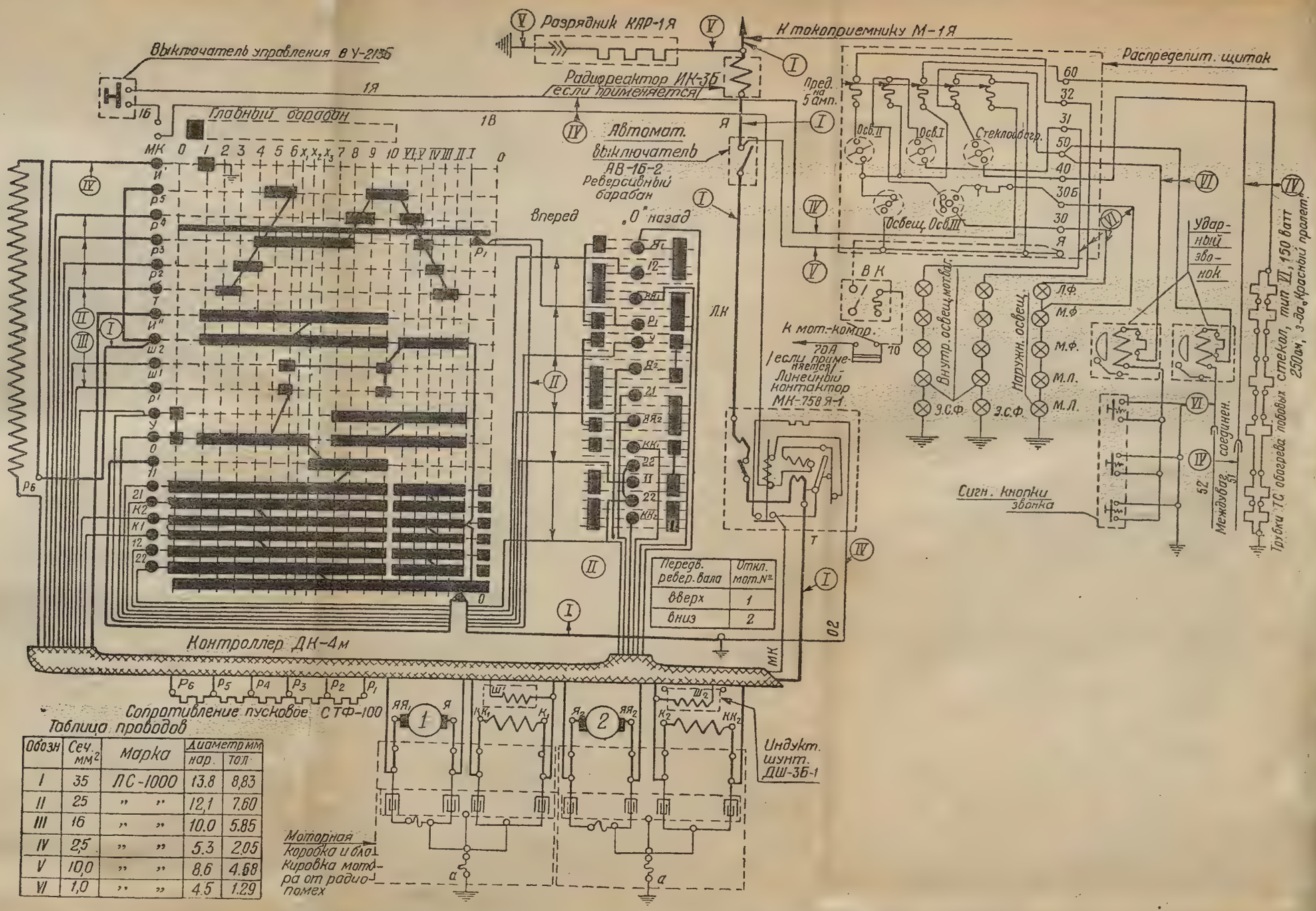


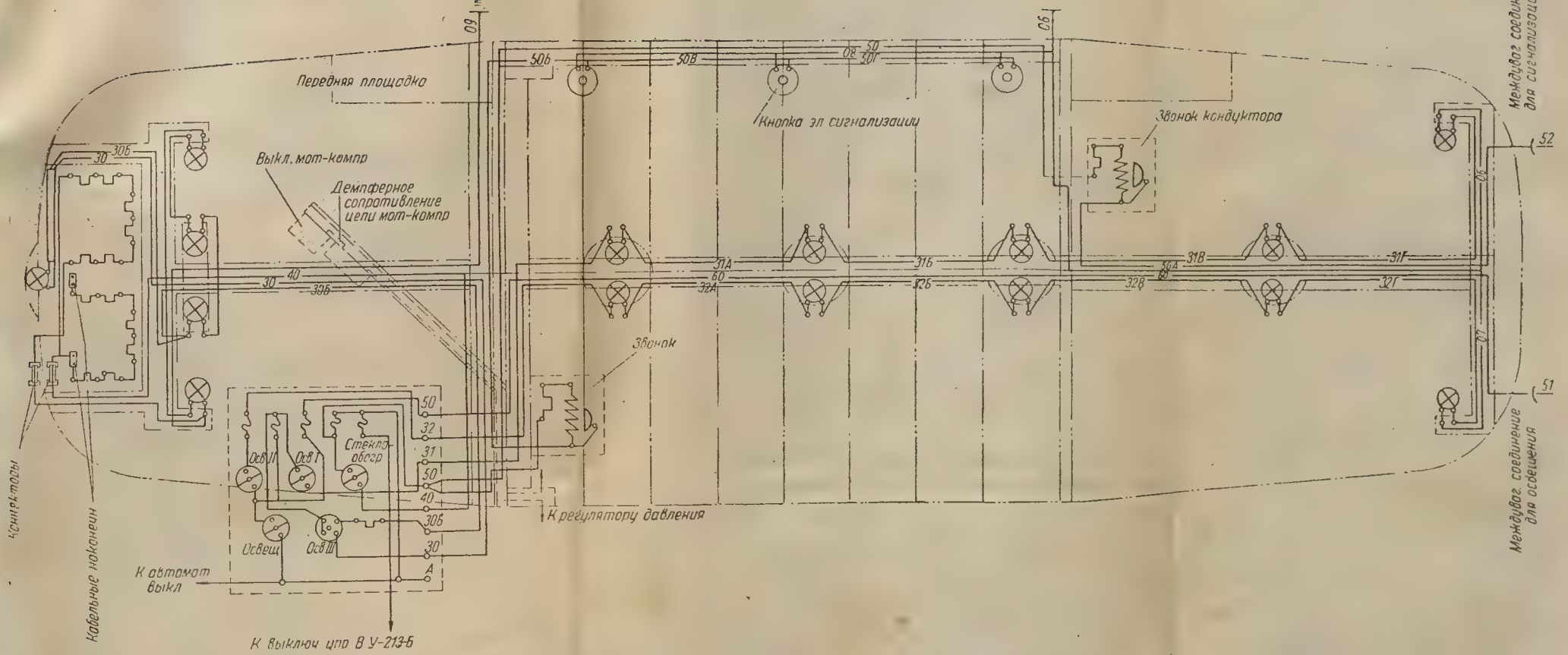
Таблица проводов

Обозн	Сеч. мм²	Марка	Диаметр мм нар.	тол
I	35	ПС-1000	13.8	8,83
II	25	„ „	12,1	7.60
III	16	„ „	10.0	5.85
IV	2,5	„ „	5.3	2,05
V	10,0	„ „	8.6	4.68
VI	1,0	„ „	4.5	1.29

Фиг. 84. Принципиальная схема электрооборудования модернизированных двухосных вагонов.

М. С. Черток

Z30044, 3-ба, Красный пролет, (V)



Фиг. 86. Монтажная схема вспомогательных цепей двухосных модернизированных вагонов.

М. С. Чернов

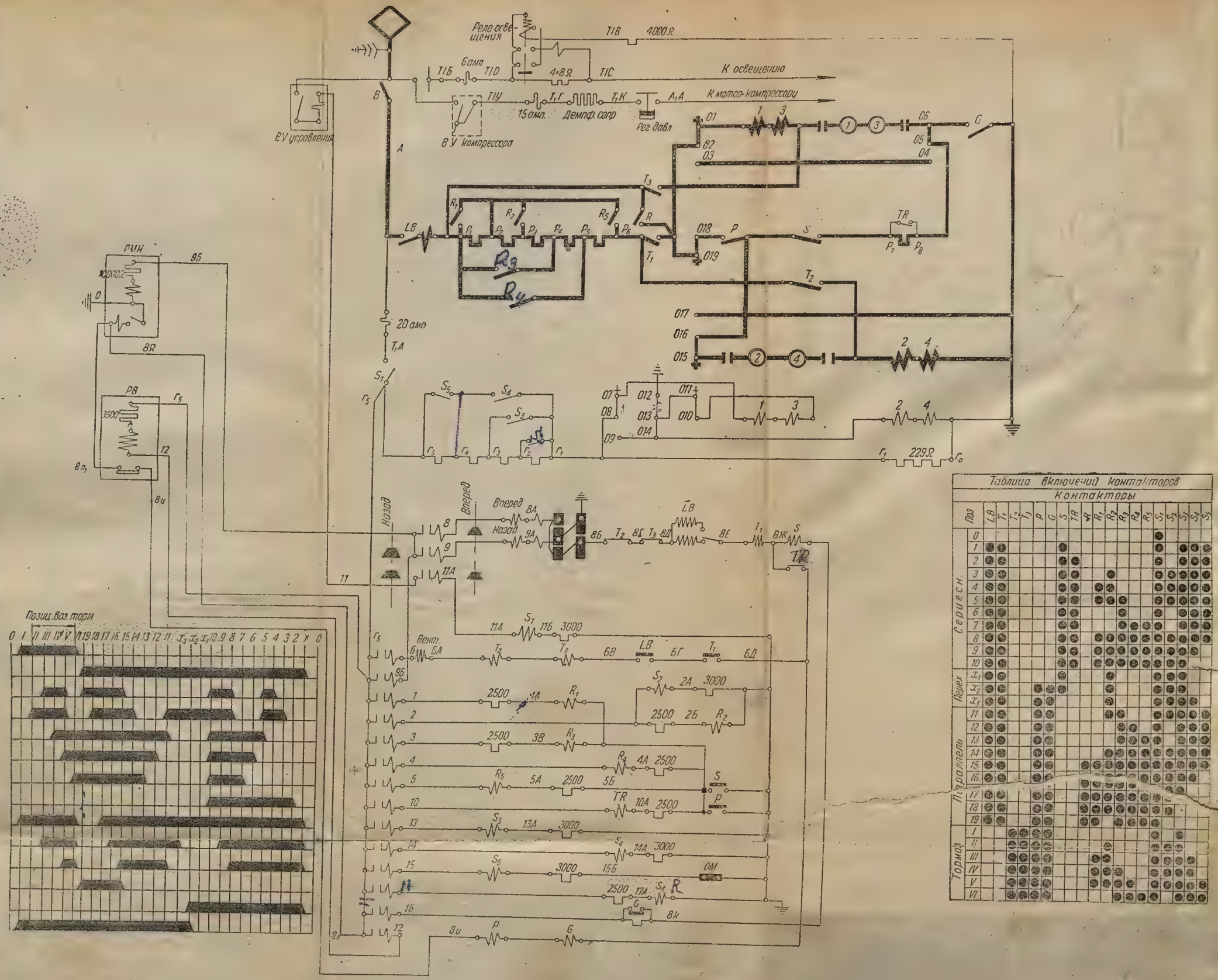


Таблица включений контакторов

Поз	Контакторы																															
	LB	T1	T2	T3	P	G	S	TR	4	R1	R2	R3	R4	R5	S1	S4	S2	S3	S5													
Сериесн.	0														●																	
	1	●				●									●				●	●	●											
	2	●				●	●								●				●	●	●											
	3	●				●	●				●				●				●	●	●											
	4	●				●	●				●	●			●				●	●	●											
	5	●				●	●				●	●	●		●				●	●	●											
	6	●				●	●				●		●		●				●	●	●											
	7	●				●	●				●			●	●				●	●	●											
	8	●				●	●				●	●		●	●				●	●	●											
	9	●				●	●				●	●	●	●	●				●	●	●											
	10	●				●	●				●		●	●	●				●	●	●											
Перех.	$Х_1$	●				●	●				●				●				●	●	●											
	$Х_2$	●				●	●				●				●				●	●	●											
	$Х_3$	●				●	●				●				●				●	●	●											
Параллель	11	●				●	●				●				●				●	●	●											
	12	●				●	●				●				●				●	●	●											
	13	●				●	●				●				●				●	●	●											
	14	●				●	●				●				●				●	●	●											
	15	●				●	●				●				●				●	●	●											
	16	●				●	●				●				●				●	●	●											
	17	●				●	●				●				●				●	●	●											
	18	●				●	●				●				●				●	●	●											
	19	●				●	●				●				●				●	●	●											
Тормоз	I		●	●	●																											
	II		●	●	●																											
	III		●	●	●						●																					
	IV		●	●	●						●	●																				
	V		●	●	●						●	●	●																			
	VI		●	●	●						●	●	●	●																		

Фиг. 89. Принципиальная схема трамвайного вагона с четырьмя двигателями ДК-251

М. С. Чертов

Проверено 1952 г.

Цена 5 руб.